
(19) KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: **1020010107647 A**
 (43)Date of publication of application: **07.12.2001**

(21)Application number: 1020010028058	(71)Applicant: SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.
(22)Date of filing: 22.05.2001	(72)Inventor: CHOI, SUN JAE
(30)Priority: 27.05.2000	KIM, BYEONG JO
KR1020000028477	KIM, MIN GU
	KIM, SE HYEONG

(51)Int. Cl **H03M 13/23**

(54) APPARATUS AND METHOD FOR TRANSMITTING/RECEIVING DATA FOR DATA COMMUNICATION SYSTEM USING HYBRID AUTOMATIC REPEAT REQUEST SCHEME

(57) Abstract:

PURPOSE: An apparatus and method is provided to achieve an improved reliability and performance of data communication system and increased through-put. CONSTITUTION: A method comprises a first step of transmitting columns of L-numbers of information bits and columns of parity bits having parity bits determined by one of two integers close to $(N1-L)/M$, wherein an initial transmission code rate of a turbo coder is 1 or lower and the number of transmission bits is N1 during an initial transmission; and a second step of transmitting columns of parity bits having parity bits determined by one of two integers close to $N2/M$, wherein the repeat request code rate of the turbo coder is 1 or lower and the number of transmission bits is N2 during a repeat request. An apparatus comprises a turbo coder for inputting columns of information bits, and generating columns of parity bits by the numbers determined by a transmission code rate; and a redundancy selection unit(612) for allowing an initial data block to include at least columns of information bits during an initial transmission, and allowing a repeat request data block to include parity bits which are not transmitted, from among parity bits of columns of parity bits, every time the repeat request is made from the receiver.

copyright KIPO 2002

Legal Status

Date of request for an examination (20010522)
 Notification date of refusal decision ()
 Final disposal of an application (registration)
 Date of final disposal of an application (20031028)
 Patent registration number (1004073510000)
 Date of registration (20031115)
 Number of opposition against the grant of a patent ()
 Date of opposition against the grant of a patent ()
 Number of trial against decision to refuse ()
 Date of requesting trial against decision to refuse ()
 Date of extinction of right ()

(19) 대한민국특허청 (KR) (12) 공개특허공보 (A)

(51) 。 Int. Cl. 7
H03M 13/23

(11) 공개번호 특2001 -0107647
(43) 공개일자 2001년12월07일

(21) 출원번호 10 -2001 -0028058
(22) 출원일자 2001년05월22일

(30) 우선권주장 1020000028477 2000년05월27일 대한민국 (KR)

(71) 출원인 삼성전자 주식회사
윤종용
경기 수원시 팔달구 매탄3동 416

(72) 발명자 김민구
경기도수원시팔달구영통동873 -3우성아파트882 -406
김세형
서울특별시송파구송파2동미성아파트2동902호
최순재
경기도성남시분당구야탑동경남아파트707동402호
김병조
경기도성남시분당구구미동무지개마을201신안아파트303 -804

(74) 대리인 이견주

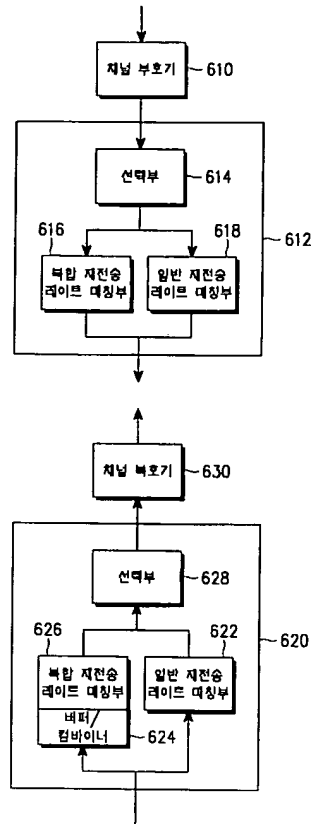
심사청구 : 있음

(54) 복합 재전송형식을 사용하는 데이터 통신시스템의 데이터송수신장치 및 방법

요약

본 발명은 하나의 전송하고자 하는 소스 데이터 패킷에 대해서 처음 전송하는 데이터블록의 크기와 이에 해당되는 부호율과 부호, 그리고 각각의 재전송 시에 사용되는 데이터블록의 크기와 이에 해당되는 부호율과 부호의 결정에 관한 구체적인 방식을 제시하고, 이를 사용하는 제2 및 제3복합 재전송형식의 성능을 컨벌루션날 코드(Convolutional codes)와 터보 코드(turbo codes)를 사용하는 시스템에서 분석한다.

대표도



색인어

무선 데이터 통신시스템, 복합 재전송형식, 컨벌루션날 코드, 터보 코드

명세서

도면의 간단한 설명

도 1a는 통상적인 제1복합 재전송형식에 의해 데이터를 처리하기 위한 송신기와 수신기의 구성을 보이고 있는 도면.

도 1b는 통상적인 제1복합 재전송형식에 의해 데이터를 처리하는 흐름을 개념적으로 도시한 도면.

도 2는 통상적인 복합 재전송형식에 있어 신호대잡음비와 처리율간의 관계를 보여주고 있는 도면.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 이동통신시스템에서 1/3 부호율을 가지는 터보 코드(turbo codes) 부호화기의 구성을 보여주고 있는 도면.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 이동통신시스템에서 1/3 부호율을 가지는 터보 코드(turbo codes) 복호화기의 구성을 보여주고 있는 도면.

도 5a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 이동통신시스템에서 1/2 부호율을 가지는 컨벌루션날 코드 부호화기의 구조를 보여주고 있는 도면.

도 5b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 이동통신시스템에서 1/3 부호율을 가지는 컨벌루션날 코드 부호화기의 구조를 보여주고 있는 도면.

도 6a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 제2복합 재전송형식을 사용하는 송신기의 구조를 보여주고 있는 도면.

도 6b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 제2복합 재전송형식을 사용하는 수신기의 구조를 보여주고 있는 도면.

도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 제2복합 재전송형식을 사용한 이동통신시스템에서 컨벌루션날 코드를 사용하는 경우 신호대잡음비와 처리율간의 관계를 보여주고 있는 도면.

도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 제2복합 재전송형식을 사용한 이동통신시스템에서 터보 코드를 사용하는 경우 신호대잡음비와 처리율간의 관계를 보여주고 있는 도면.

도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 복합 재전송형식에서 수신된 심볼의 에너지 변화를 보여주고 있는 도면.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 무선 통신시스템에서 데이터 전송장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 데이터를 전송하는 중에 오류가 발생한 데이터의 재전송을 처리하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

통상적으로 무선 통신시스템에서는 주로 채널부호화 방식으로 컨벌루션날 코드(convolutional codes)나 터보 코드(turbo codes) 등의 단일 복호기가 사용되는 선형블록부호 등이 주로 사용되었다. 한편, 이러한 무선 통신시스템에서는 오류정정부호(FEC: Forward Error Correction)와 오류검출 시에 데이터 패킷의 재전송을 요구하는 재전송방식(ARQ: Automatic Repeat Request)을 모두 사용하는 제1복합 재전송방식(Hybrid ARQ)이 적용되고 있다. 상기 무선 통신시스템은 위성시스템, ISDN, 디지털 셀룰라(Digital cellular), CDMA -2000, UMTS, IMT -2000 등을 통칭하며, 상기 오류정정부호(FEC: Forward Error Correction)로는 컨벌루션날 코드(convolutional codes)나 터보 코드(turbo codes) 등이 있다.

전술한 복합 재전송방식은 일반적으로 제1복합 재전송방식, 제2복합 재전송방식 및 제3복합 재전송방식 등으로 구분된다. 현재 컨벌루션날 코드(convolutional code)나 터보 코드(turbo codes)를 사용하는 다중접속방식 및 다중채널방식은 대부분 제1복합 재전송방식을 사용하고 있다. 즉, 전술한 채널부호화 구조를 사용하는 무선 통신시스템의 다중접속방식 및 다중채널방식에서 채널 코딩 형식(Channel coding scheme)에 따른 데이터 전송효율성, 즉 처리율(Throughput)을 높이고 시스템의 성능을 개선하기 위한 재전송방식(ARQ: Automatic Repeat Request)으로 제1복합 재전송형식이 사용되고 있는 것이다.

이러한 제1복합 재전송형식의 원칙은 컨벌루션날 코드(convolutional code) 또는 터보 코드(turbo codes) 또는 선형블록부호 등을 사용하는 채널부호기가 항상 일정한 부호율(code rate)을 가진다는 전제에서 출발하였다. 도 1a와 도 1b는 통상적인 제1복합 재전송형식에 의해 데이터를 처리하는 흐름을 개념적으로 도시한 도면이다.

통상적으로 무선 통신시스템의 송신기는 송출하고자 하는 데이터(L bits)에 오류 정정을 위한 CRC를 결합(L+CRC)한 후 이를 채널 부호화를 통해 코딩하며, 상기 코딩된 데이터 $(L+CRC) \times R^{-1}$ 를 별도의 처리 과정을 수행하여 할당된 소정 채널을 통해 송출하게 된다. 한편, 무선 통신시스템의 수신기는 전술한 송신기 동작의 역동작에 의해 원래 데이터(L bits)와 CRC를 얻게 되며, CRC 결과에 따라서 응답신호(ACK/NAK)를 송신측으로 전송하게 된다.

이를 도 1a를 참조하여 보다 구체적으로 살펴보면, 우선 전송하고자 하는 소스 데이터 패킷(L bits)을 입력으로 하여 CRC 부호기(110)는 오류검출을 위한 오류검출부호(CRC)를 사용하여 부호화한다. 상기 부호화에 의해 상기 오류정정 부호(CRC)에 의해 부호화된 데이터 블록(L bits+CRC)이 생성된다. 보통은 상기 부호화 이전에 CRC(Cyclic Redundancy Check) 비트를 추가하여 부호화에 사용한다. 상기 부호화된 데이터 블록(L bits+CRC)은 채널 부호기(112)로 입력하고, 상기 채널 부호기(112)에 의해 상기 데이터 블록(L bits+CRC)은 채널 코딩(Channel Coding)되어 출력된다. 상기 채널 코딩된 데이터 블록((L+CRC)×R⁻¹)은 다중화(multiplexing)에 필요한 각각의 기능 블록들(114)을 통하여 소정 채널로 전달된다.

상기 소정 채널을 통해 부호화된 데이터 블록을 수신한 수신기의 역다중화에 필요한 각각의 기능 블록들(116)은 상기 부호화된 데이터 블록을 역다중화하여 채널 코딩이 이루어진 수신된 데이터 블록((L+CRC)×R⁻¹)을 출력한다. 상기 채널 코딩이 이루어진 수신된 데이터 블록((L+CRC)×R⁻¹)은 채널 복호기(Channel Decoder)(118)로 입력되어 채널 디코딩(Channel Decoding)이 이루어진다. 상기 채널 디코딩이 이루어진 데이터 블록(L bits+CRC)은 CRC 복호기(120)로 입력되어 오류정정부호 복호화가 이루어져 원래 데이터, 즉 소스 데이터 패킷(L bits)을 얻을 수 있다. 한편, 상기 오류정정부호 복호화가 이루어지면 그 결과를 가지고 CRC를 검사하여 상기 소스 데이터 패킷에 오류가 발생하였는지를 검사한다.

만약, 상기 CRC 검사를 통해 오류가 검출되지 않으면 상기 소스 데이터 패킷은 상위계층으로 전달되고, 상기 소스 데이터 패킷에 대응한 확인신호로 "ACK(Acknowledgement)"를 송신기로 전송한다. 하지만, 상기 CRC 검사를 통해 오류가 검출되면 상기 소스 데이터 패킷의 재전송을 요구하는 확인신호인 "NAK(Not Acknowledgement)"를 송신기로 전송한다.

송신기는 데이터 블록을 부호화하여 전송한 후 상기 전송한 데이터 블록에 응답하여 상기 수신기로부터의 확인신호인 ACK/NAK을 수신한다. 상기 송신기는 확인신호로서 NACK을 수신하면 해당 데이터 블록을 전송한 동작에 의해 재 전송한다. 상기 재 전송방식으로는 Stop-and-Wait ARQ, Go-Back-N ARQ, Selective-Repeat ARQ 등의 여러 종류의 방식이 있으나 구체적인 설명은 생략한다.

상기 송신기와 수신기간에 있어 소스 데이터 패킷의 재전송이 이루어지는 절차는 도 1b에서 개념적으로 보여주고 있다. 상기 도 1b에서는 수신기로부터의 m번에 걸친 NAK 수신에 의해 송신기는 부호화된 데이터 블록을 m번 재 전송함을 보이고 있다.

이러한 예로서는 최근에 매우 많은 관심을 모으고 있는 3GPP-2(3rd Generation Project Partnership-2; 동기방식의 표준)를 표준으로 하는 차세대 이동통신시스템(이하 "CDMA-2000"이라 칭함)의 에어 인터페이스(Air interface) 표준에서 보면 시스템의 다중접속방식 및 다중채널방식에서 채널 코딩 형식(Channel coding scheme)의 데이터 전송효율성을 높이고, 시스템의 성능을 개선하기 위하여 제1복합 재전송형식이 사용되고 있다. 또한, 3GPP(3rd Generation Project Partnership; 비동기방식의 표준)를 표준으로 하는 차세대 이동통신시스템(이하 "UMTS"라 칭함)의 에어 인터페이스(Air interface) 표준에서 보면 시스템의 다중접속방식 및 다중채널방식에서 채널 코딩 방식(Channel coding scheme)의 데이터 전송효율성을 높이고, 시스템의 성능을 개선하기 위하여 제1복합 재전송형식이 사용되고 있다.

하지만, 전송한 제1복합 재전송형식은 다음과 같은 문제점을 지니고 있다.

첫 번째로, 제1복합 재전송형식은 단순 재전송방식(Pure ARQ)에 비하여 처리율이 높다. 그러나, 신호의 신호대잡음비(S/N: signal to noise ratio)가 증가할수록 처리율이 FEC의 부호율(R)로 포화되는 현상이 발생하여 오히려 단순 재전송방식에 비하여 처리율이 감소하는 역효과가 발생한다. 즉, 매우 높은 S/N에서도 처리율이 1.0(100%)에 접근하지 못하는 문제점을 가진다. 이와 같은 문제점은 도 2의 제1복합 재전송형식(HARQ Type 1)의 경우에서 보여주고 있다. 즉, 제1복합 재전송형식은 도 2에서 보듯이 처리율이 1.0에 더 이상 근접하지 못하고, 부호율 R(< 1.0)에 포화되는 점이다.

두 번째로, 제1복합 재전송형식은 단순 재전송방식에 비하여 오류정정부호가 오류정정을 수행하여 처리율을 개선하기는 하지만 S/N의 변화에 관계없이 일정한 리던던시(redundancy) 즉, 일정한 부호율을 사용하므로 전송효율 면에서 비효율적이다. 따라서, 채널의 상태변화에 적응적으로 대처하지 못함으로써 전송율의 저하를 일으킬 수 있다.

이러한 문제점을 해결하고자 사용되는 것이 제2 및 제3복합 재전송형식이다. 상기 제2 및 제3복합 재전송형식은 오류정정부호에 사용되는 리던던시의 양을 채널환경의 양호한 품질 정도에 따라 가변적으로 결정하도록 하는 적응적구조(Adaptive structure)를 가진다. 따라서 전송한 제2 및 제3복합 재전송형식은 제1복합 재전송형식에 비하여 일반적으로 처리율이 개선된다. 즉, 신호의 S/N이 증가할수록 오류정정부호의 부호율(R)이 1에 근접하도록 리던던시의 양을 최소로 줄임으로서 처리율이 1에 근접하도록 한다. 한편, 신호의 S/N이 감소하면 오류정정부호의 부호율(R)이 0에 근접하도록 리던던시의 양을 최대로 늘리거나 또는 리던던시를 반복하여 줌으로써 처리율이 가급적 0에 근접하지 않도록 최선의 오류 정정을 수행한다. 이러한 이유로 인해 제2 및 제3복합 재전송형식은 낮은 S/N과 높은 S/N에서 모두 처리율의 개선을 제공할 수 있다.

여기서 제2 및 제3 복합 재전송형식의 차이점은 다음과 같다.

상기 제2 복합재전송형식의 경우에는 초기 전송시에 부호율 R1을 1 또는 1보다 약간 작은 부호율로 설정하여 데이터 블록을 전송하고, 이후에는 부호율이 항상 1보다 작은 리던던시만을 전송하는 형식을 의미한다. 따라서 2차, 3차로 전송되는 리던던시만으로는 복호가 불가능하며, 이전에 전송된 데이터 블록(혹은 리던던시)을 컴바이닝하여 복호화를 수행해야 한다. 반면에 상기 제3 복합 재전송형식은 초기 전송시에 부호율 R1을 1 보다 큰 값으로 설정하여 데이터 블록을 전송하고 이후에도 부호율이 1보다 큰 리던던시를 전송하는 형식을 의미한다. 따라서 2차, 3차로 전송되는 리던던시만으로도 복호가 가능하여 매 재 전송시마다 복호가 가능한 것이 특징이다.

그러나 일반적으로 제3 복합 재전송형식은 채널의 상태가 양호한 경우 처리율이 제2 복합 재전송형식에 비하여 작은 단점을 지닌다. 또한 제3 복합 재전송형식에서 사용되는 부호어 구조로 Complementary code 등이 있다. 하지만, 반드시 이러한 부호를 사용하는 것은 아니며 부호율이 1보다 큰 임의의 부호를 사용할 수 있다.

한편, 전송한 제2 및 제3복합 재전송형식에서 가장 중요한 것은 전송하고자 하는 하나의 데이터 블록(이하 "소스 데이터 패킷"이라 정의한다)에 대해서 처음 전송하는 데이터 블록의 크기와 이에 해당되는 부호율, 부호어 그리고 각각의 재전송 시에 사용되는 데이터 블록의 크기와 이에 해당되는 부호율, 부호어를 결정하는 것이다. 예를 들어, 모부호(Mother code)의 부호율이 $R=1/3$ 이고, 3번의 재전송이 가능한 시스템을 가정한 경우에 각각의 재전송에 따른 부호율은 하기 < 표 1 > 과 같이 결정할 수 있다.

[표 1]

부호율Code rate	제1리던던시 버전First redundancy version	제2리던던시 버전Second redundancy version	제3리던던시 버전Third redundancy version
1/3	1	1/2	1/3

상기 < 표 1 > 에서 상기 제2리던던시 버전은 부호율로서 1/2를 가진다. 하지만, 이는 제1 및 제2리던던시 전송에 의해 부호율이 1/2로 결정되는 것이다. 또한, 상기 < 표 1 > 에서 제3리던던시 버전은 부호율로서 1/3을 가진다. 하지만, 이는 제1, 제2 및 제3리던던시 전송에 의해 부호율이 1/3으로 결정되는 것이다. 즉, 실질적으로 각 전송에서는 동일한 부호율이 사용되는 것이다.

상기 < 표 1 > 에서와 같이 각각의 재전송에 따른 부호율을 결정한 경우에도 각각의 부호율에 해당되는 모부호(mother code)로부터 발생한 리던던시 비트들 중 어떠한 것들을 두 번째 재 전송시에 전송하고, 어떠한 리던던시 비트를 세 번째 재 전송시에 전송하는지의 결정은 매우 다양한 종류가 있다. 또한, 경우에 따라서는 선택한 리던던시 비트들에 따른 성능저하 또는 향상의 성능차이가 매우 크게 발생 할 수도 있다. 따라서 최적의 성능을 보장하는 리던던시 비트의 선택이 매우 중요한 요소이다.

하지만, 기존의 데이터 통신시스템을 포함한 3GPP -2의 CDMA -2000 시스템의 다중접속방식 및 다중채널방식에서 채널 코딩 형식(Channel coding scheme)이나, 3GPP의 UMTS 시스템의 다중접속방식 및 다중채널방식에서 제2 및 제3복합 재전송형식을 사용할 경우 이에 관한 구체적인 설계 기준이 제시되고 있지 않다. 즉, 상기 컨벌루션 코드(convolutional code)나 터보 코드(turbo code)와 재전송방식을 결합하여 최적의 성능을 제공하기 위한 제2 및 제3복합 재전송형식에 관한 연구는 아직까지 다중접속방식 및 다중채널방식을 사용하는 시스템들에서는 미비한 상태이다.

특히, 3GPP -2의 CDMA -2000으로의 에어 인터페이스(Air interface) 표준에서 데이터 전송 채널(data transmission channel)에서 데이터 전송효율성을 높이고 시스템의 성능을 개선하기 위한 제2 및 제3복합 재전송형식을 적용하려는 연구를 하고 있다. 이 분야는 디지털 통신시스템의 신뢰도 향상과 처리율(throughput) 개선에 광범위하게 관련된 오류정정부호와 재전송방식에 연관된 분야로서, 기존의 디지털 통신시스템의 성능개선 분야와 향후 결정되는 차세대 시스템의 성능을 개선시키는 방식에 관한 기술분야이다.

이때, 현재의 데이터 통신시스템들이 사용하는 제2 및 제3복합 재전송형식은 성능상의 문제를 개선하기 위해 아래와 같은 조건들이 반영되도록 구성하여야 최적의 성능을 구할 수 있다. 일반적으로 채널부호화 방식으로 컨벌루션 코드(convolutional codes)와 터보 코드(turbo codes) 또는 선형블록부호 등이 사용되는 채널부호기를 사용하는 시스템의 다중접속방식 및 다중채널방식에서 채널 코딩 형식(Channel coding scheme)의 데이터 전송효율성을 높이고, 시스템의 성능을 개선하기 위한 가변 부호율 전송을 방식을 사용한다. 이 경우에는 일반적으로 심볼천공(symbol puncturing) 또는 심볼반복(symbol repetition) 등을 사용하며, 아래의 조건들이 충분히 고려되고 반영되어야 오류정정부호의 성능을 보장할 수 있다.

첫 번째 조건은 부호기에서 출력되는 부호어 심볼(Coded symbol)을 가급적 균일한 천공패턴 즉, 가급적 주기적인 패턴을 사용하여 천공하며, 이 주기를 최소화한다. 두 번째 조건은 천공비트 수를 가급적 최소화하며, 세 번째 조건은 부호기에서 출력되는 부호어 심볼(Coded symbol)을 가급적 균일한 반복패턴 즉, 가급적 주기적인 패턴을 사용하여 반복하며 이 주기를 최소화한다. 마지막 조건은 반복 비트 수를 가급적 최대화한다.

이와 더불어 반복 복호방식을 사용하는 터보코드(Turbo codes)와 같은 쇄상부호들의 경우에는 다음과 같이 추가적으로 야기될 수 있는 문제점이 있다. 각각의 재전송에 의해 전달되는 리던던시가 반복 복호기의 어느 구성 복호기에 해당하는 지가 오류정정부호의 성능을 결정하는데 매우 중요한 변수이다. 이를 고려하여 리던던시의 재전송이 이루어져야 한다.

전술한 바와 같이 종래의 데이터 통신시스템에서는 하기와 같은 문제점이 있었다.

첫 번째로, 종래의 데이터 통신시스템을 포함한 CDMA -2000 시스템의 다중접속방식 및 다중채널방식에서 채널 코딩 형식(Channel coding scheme)이나, UMTS 시스템의 다중접속방식 및 다중채널방식에서 제2 및 제3복합 재전송형식을 사용할 경우 이에 관한 구체적인 디자인 규칙이 제시되지 않았다.

두 번째로, 제2 및 제3복합 재전송형식에서 가장 중요한 것은 소스 데이터 패킷에 대해서 처음 전송하는 부호화된 데이터 블록의 크기와 이에 해당되는 부호율과 부호, 그리고 각각의 재전송 시에 사용되는 부호화된 데이터 블록의 크기와 이에 해당되는 부호율과 부호의 결정이다. 그러나 종래 데이터 통신시스템의 경우 각각의 부호율의 결정에 관한 규칙이 제공되지 않았다.

세 번째로, 제2 및 제3복합 재전송형식에서 리던던시 선택을 위해서 일반적으로 심볼 천공(symbol puncturing) 또는 심볼 반복(symbol repetition) 등을 사용한다. 이 경우 앞서 언급한 몇 가지 조건들이 충분히 고려되고 반영되어야 오류정정부호의 성능을 보장할 수 있으나 이러한 조건들이 구체적으로 반영되지 않았다.

네 번째로, 종래의 제2 및 제3복합 재전송형식의 경우에는 단일 복호기를 사용하는 오류정정부호를 사용하는 시스템의 관점에서 기본적으로 전체 부호어들을 하나의 단위로 간주하여 이로부터 리던던시를 분할하는 방식을 사용하였다. 하지만, 이는 터보코드(turbo codes)와 같은 반복 복호방식을 사용하는 오류정정부호의 경우에 달리 해석되어야 한다. 즉, 리던던시 선택의 경우 반복 복호기의 복호방식에 최적화 되도록 리던던시가 선택되어야 하며, 단순히 부호기의 관점에서 리던던시를 분할해서는 안 된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 제2 및 제3복합 재전송 형식에 필요한 조건들을 가장 효율적으로 구현한 장치 및 방법을 제공함에 있다.

본 발명의 다른 목적은 무선통신시스템에서 다중 사용자가 사용하는 다중접속방식 및 다중 채널방식에서 시스템의 성능을 개선하기 위하여 채널 코딩 형식(Channel coding scheme)과 재전송 방식의 효율적인 결합에 의해 이를 극대화하고자 하는 복합 재전송방식(Hybrid ARQ)을 제안하고자 한다.

본 발명의 또 다른 목적은 통신시스템이 컨벌루션날 코드 또는 터보 코드 또는 선형블록부호들을 사용하거나 혹은 모두를 사용하는 경우 최적의 성능을 보일 수 있는 복합 재전송방식을 제안하고자 한다.

본 발명의 또 다른 목적은 하나의 전송하고자 하는 소스 데이터 패킷에 대해서 처음 전송하는 데이터 블록의 크기와 이에 해당되는 부호율과 부호, 그리고 각각의 재전송 시에 사용되는 데이터 블록의 크기와 이에 해당되는 부호율과 부호의 결정에 관한 구체적인 방식을 제안하고자 한다.

발명의 구성 및 작용

이하 본 발명을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

이하 후술될 본 발명은 기존의 컨벌루션날 코드(Convolutional code) 또는 터보 코드(turbo codes) 혹은 선형블록부호를 사용하는 복합 재전송형식의 성능개선을 위한 방식을 제안하고자 한다. 이를 위해 우선 기존에 사용되는 제1복합 재전송형식을 분석 그 문제점을 파악하고, 최적의 성능을 제공하는 제2 및 제3복합 재전송형식에 관해서 분석할 것이다. 다음으로 상기 문제점을 해결하기 위한 조건들을 제시하고 이에 따른 몇 가지 실시 예를 보일 것이다. 마지막으로 이러한 분석결과와 실제 시뮬레이션 결과를 상호 비교하여 제안된 방식이 우수함을 보일 것이다.

즉, 본 발명에 따른 제2 및 제3복합 재전송형식은 첫 번째로 본 발명에서 제안한 제2 및 제3복합 재전송형식과 이를 위한 조건, 두 번째로 기존의 제1복합 재전송형식과 본 발명에 따른 제2 및 제3복합 재전송형식과의 관계 및 성능 분석의 순으로 설명되어질 것이다.

앞서 언급하였듯이 제2 및 제3복합재전송 형식에서 가장 중요한 것은 소스 데이터 패킷에 대해서 처음 전송하는 데이터 블록의 크기와 이에 해당되는 부호율과 부호, 그리고 각각의 재전송 시에 사용되는 데이터 블록의 크기와 이에 해당되는 부호율과 부호의 결정이다. 예를 들어, 모부호(Mother code)의 부호율이 $R=1/3$ 이고, 3번의 재전송이 가능한 시스템을 가정한 경우에 전송한 < 표 1 > 과 같이 각각의 재전송에 따른 부호율을 결정할 수 있다. 이와 같이 각각의 재전송에 따른 부호율을 결정한 경우에도 각각의 부호율에 해당되는 모부호(mother code)로부터 각 재전송에 따른 전송할 리던던시 비트의 결정은 매우 다양한 종류가 있다. 또한, 경우에 따라서는 선택한 리던던시 비트에 따른 성능 저하 또는 향상의 성능차이가 매우 크게 발생할 수도 있으므로 최적의 성능을 보장하는 리던던시 비트의 선택이 매우 중요한 요소이다. 따라서, 본 발명에서는 우선 리던던시 비트의 선택이 3가지로 구분되는 경우(3번의 전송이 이루어지는 재전송 방식) 즉, 부호율이 $R_1=1$, $R_2=1/2$, $R_3=1/3$ 인 경우를 전제로 하고 있다. 또한, 상기 각 경우 리던던시를 선택하는 일반적인 규칙을 컨벌루션 코드(Convolutional codes) 및 터보 코드(turbo codes)를 사용하는 시스템에 관해서 제시한다. 물론, 부호율의 선택에 따라 세부적인 변화는 있을 수 있으나 아래에 제시한 조건들이 기본적으로 만족되어야 최적의 성능을 보일 수 있으므로 이를 일반화하는 것에는 큰 문제가 없을 것이다.

일반적으로 채널부호화 방식으로 컨벌루션 코드(convolutional codes)와 터보 코드(turbo codes) 또는 선형블록부호 등이 사용되는 채널부호기를 사용하는 CDMA -2000시스템 또는 UMTS 시스템은 코딩된 심볼을 전송 프레임 레이트에 맞추거나 가변 부호율 전송을 위하여 심볼 천공(symbol puncturing) 또는 심볼 반복(symbol repetition) 등을 사용한다. 본 발명은 제2, 제3복합 재전송형식을 효과적으로 전용하기 위하여 아래의 조건들이 충분히 고려되고 반영되어야 오류정정부호의 성능을 보장할 수 있음을 제안한다.

조건1: 부호기에서 출력되는 부호어 심볼(Coded symbol)을 가급적 균일한 천공패턴 즉, 가급적 주기적인 패턴을 사용하여 천공하며, 이 천공 주기를 최소화한다.

조건2: 천공 비트 수를 가급적 최소화한다.

조건3: 부호기에서 출력되는 부호어 심볼(Coded symbol)을 가급적 균일한 반복패턴 즉, 가급적 주기적인 패턴을 사용하여 반복하며, 이 반복 주기를 최소화한다.

조건4: 반복 비트 수를 가급적 최대화한다.

이와 더불어 반복 복호방식을 사용하는 터보 코드(Turbo codes)와 같은 왜상부호들의 경우 일반적으로 심볼 천공(symbol puncturing) 또는 심볼 반복(symbol repetition) 등을 사용하는 경우 아래의 조건들이 추가로 고려되고 반영되어야 오류정정부호의 성능을 보장할 수 있다.

조건 5: 만일 최초 부호화율 $R_1=1$ 인 제2복합 재전송형식에서는 최초의 전송 시에는 입력 정보어에 해당되는 구조적 심볼(Systematic symbol)들을 전송한다.

조건6: 만일 $R_1 < 1$ 인 제3복합 재전송형식에서는 최초의 전송 시에 전송되는 데이터 블록의 구성을 가급적 입력 정보어에 해당되는 구조적 심볼(Systematic symbols)을 모두 포함하고, 남은 부분에 여분의 리던던시를 포함토록 선택한다.

조건7: 각각의 재전송에 의해 전달되는 리던던시의 형태는 반복복호기의 특성을 고려하여 각 구성 복호기에서 출력하는 리던던시를 가급적 균등하게 전송할 수 있는 형태를 가져야 한다.

전술한 조건들 중 조건 5와 조건 6을 사용하는 이유는 채널의 상태가 좋은 경우 시스템틱 코드(Systematic codes)의 성능이 논-시스템틱 코드(Non systematic codes)의 성능에 비하여 우수하기 때문이다. 또한, 일반적으로, 부호율이 1.0에 근접할수록 시스템틱 코드(Systematic codes)의 성능이 논-시스템틱 코드(Non systematic codes)의 성능에 비하여 우수하기 때문이다. 이것을 일반화 한 것이 후술할 조건 8이 된다.

다음으로 조건 7을 사용하는 이유를 터보 코드를 사용하는 경우와 컨벌루션 코드를 사용하는 경우로 구분하여 살펴 보면 다음과 같다.

먼저, 터보 코드를 사용하는 경우에 있어 부호기와 복호기에 대해 설명한다.

예로서, $R=1/3$ 인 터보 코드(turbo codes)의 경우 부호기와 이에 따른 반복 복호기 구조를 도 3과 도 4에서 각각 보 였 다.

상기 도 3을 참조하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 터보 코드 부호기에 대해 살펴보면, 입력 데이터(U_i)는 스위치 SW 1을 통해 제1가산기(310)로 인가된다. 상기 제1가산기(310)는 상기 스위치 SW1을 통해 인가되는 데이터를 피드 -백 되는 데이터와 가산하여 출력한다. 이때, 상기 제1가산기(310)로 인가되는 데이터는 제1코딩 데이터(X)로 출력된다. 상기 제1가산기(310)로부터 출력되는 데이터는 제1, 제2, 제3지연기 $m0, m1, m2$ 에 의해 순차적으로 지연 출력된다. 상기 제1지연기 $m0$ 과 상기 제3지연기 $m2$ 로부터의 출력은 제2가산기(312)에 의해 상기 제1가산기(310)의 출력과 가 산되어 제2코딩 데이터(Y)로 출력된다. 한편, 상기 제3지연기 $m2$ 로부터의 출력과 상기 제2지연기 $m1$ 의 출력은 제3가 산기(314)에 의해 가산되어 상기 피드 -백 신호로 상기 제1가산기(310)로 인가된다. 또한, 상기 스위치 SW1은 상기 피드 -백되는 신호에 의해 스위칭 동작을 수행한다. 상기 스위치 SW1이 B측으로 스위칭 되는 것은 한 프레임에 대한 코딩이 이루어진 후 테일 비트를 삽입하기 위함이다.

한편, 상기 입력 데이터(U_i)는 인터리버(316)로 인가되어 인터리빙된 후 스위치 SW2로 인가된다. 상기 스위치 SW2 에 인가된 데이터는 제4가산기(318)로 인가된다. 상기 제4가산기(318)는 상기 스위치 SW2로부터 인가되는 데이터와 피드 -백되는 데이터를 가산하여 출력한다. 상기 가산된 데이터는 제4, 제5, 제6지연기 $n0, n1, n2$ 를 통해 순차적으로 지연되어 출력된다. 이때, 상기 제4지연기 $n0$ 과 상기 제6지연기 $n2$ 로부터의 출력은 제5가산기(320)에 의해 상기 제4 가산기(318)의 출력과 가산되어 제3코딩 데이터(z)로 출력된다. 또한, 상기 제6지연기 $n2$ 로부터의 출력 데이터는 제 6가산기(322)에 의해 상기 제5지연기 $n1$ 의 출력과 가산되어 상기 피드 -백 데이터로 상기 제4가산기(318)로 제공된 다. 또한, 상기 스위치 SW2는 상기 피드 -백되는 신호에 의해 스위칭 동작을 수행한다. 상기 스위치 SW2가 B측으로 스위칭 되는 것은 한 프레임에 대한 코딩이 이루어진 후 테일 비트를 삽입하기 위함이다.

상기 도 3에서 보이고 있듯이 터보 부호기는 시스티메틱 파트(systematic part)와 리던던시인 패리티 1(Parity 1), 패리티 2(Parity 2)가 각각 있으며, 이들 부호어 심볼의 시퀀스를 편의상 X, Y, Z(c_{1t}, c_{2t}, c_{3t})라 한다. 또한, 이들 은 각각 컴포넌트 엔코더(Component encoder) 1과 2로부터 시스티메틱 정보 비트(Systematic information bit)와 패리티 비트들(Parity bits)을 의미한다. 그런데 제1복합 재전송형식(HARQ -Type I)의 경우에는 이 모두가 한번에 전송되므로 복호기에 문제가 발생되지 않으나 제2 및 제3복합 재전송형식처럼 리던던시가 분할되어 전송되는 경우 컴 포넌트 엔코더(Component encoder) 1과 2에 각각 해당하는 리던던시를 잘못 전송하면 수신기에서 성능의 급격한 저 하를 초래한다. 아래의 < 표 2> 는 터보 코드에서 리던던시 선택의 예를 보였으며, < 표 3> 은 터보 코드에서 리던던 시 선택에 따른 부호심볼 전송패턴의 예를 보였다.

[표 2]

--	--	--	--

[표 3]

	1차 전송	2차 전송	3차 전송
Case 1	$x1, x2, x3, \dots, xL$	$y1, y2, y3, y4, \dots, yL$	$z1, z2, z3, \dots, zL$
Case 2	$x1, x2, x3, \dots, xL$	$y1, z2, y3, z4, \dots, zL$	$z1, y2, z3, y4, \dots, yL$
Case 3	$x1, y2, z3, x4, y5, \dots, zL$	$x2, y3, z2, x5, y6, z5, \dots, yL$	$3, y1, z1, x6, y4, z4, \dots, xL$

상기 < 표 2> 및 < 표 3> 에서 X는 시스티메틱 정보비트(systematic information bit)의 수를 나타낸다. Y는 컴포넌트 엔코더(component encoder) 1의 패리티 비트(parity bit)의 수를 나타내고, Z는 컴포넌트 엔코더(co mponent encoder) 2의 패리티 비트(parity bit)의 수를 나타낸다. 즉, 상기 < 표 3> 에서의 Case 1의 경우에 는 $x1, x2, x3, \dots, xL$ 을 전송 후에 2차 전송 시에 $y1, y2, \dots, yL$, 그리고 3차 전송 시에 $z1, z2, z3, \dots, zL$ 을 전송하는 것을 의미

한다. 상기 Case 1의 경우를 보면 리턴던시의 전송이 2차 전송까지 컴포넌트 엔코더(component encoder) 1의 패리티(parity)에 국한되어 있음을 알 수 있다. 즉, 2차 전송까지 인터리빙되지 않는 정보들만이 전송되고 있다. 따라서 2차 전송의 경우까지 터보 부호화기(Turbo encoder)는 $z_1, z_2, z_3, \dots, z_L$ 을 사용하지 않으므로 터보 인터리빙이 사용되지 않는 단지 $K=4, R=1/2$ 의 컨벌루션 코드(convolutional code)의 성능밖에 더 이상의 성능 개선을 제공할 수 없다. 즉, 터보 코드(turbo codes)의 가장 큰 장점인 입력 프레임 사이즈에 비례하는 터보 인터리빙 이득이 제공될 수 없음을 의미한다. 이러한 문제는 전술한 조건 7을 만족하지 못하는 이유에서 발생된다. 그러나, < 표 2 > 및 < 표 3 > 에서 보여지고 있는 Case 2, Case 3의 경우에는 리턴던시의 전송이 2차 전송까지 컴포넌트 엔코더(component encoder) 1의 패리티(parity)와 컴포넌트 엔코더(component encoder) 2의 패리티(parity)가 균등하게 상호 배타적 위치에서 전송됨을 알 수 있다. 따라서, 2차 전송의 경우에서부터 터보 부호화기(Turbo encoder)는 $K=4, R=1/3$ 인 터보부호로부터 심볼 천공에 의해 구한 $K=4, R=1/2$ 의 터보 코드(turbo code)의 성능을 제공한다. 즉, 이 경우는 터보 코드(turbo codes)의 가장 큰 장점인 입력 프레임 사이즈에 비례하는 성능이 제공될 수 있음을 의미한다. 그러나 Case 3은 조건 5와 조건 6을 만족하지 못하므로 이 경우에는 Case 2에 비하여 성능의 저하가 발생될 수 있다. 따라서, 전술한 조건 5, 조건 6, 조건 7을 모두 만족하는 Case 2의 경우가 터보 코드(Turbo code) 자체가 지닌 구조적인 코드(Systematic code) 성질을 이용하여 최적의 성능을 제공할 수 있다.

상기 도 4를 참조하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 반복 복호화기에 대해 살펴보면, 상기 도 4에서 보여지고 있는 바와 같이 반복복호기는 두 개의 디코더를 포함한다. 제1가산기(410)는 반복 복호를 위해 수신한 제1코딩 데이터(x)와 피드-백되는 데이터를 가산($X_k + \text{Ext}$)하여 출력한다. 제1시소 디코더(SISO Decoder) (412)는 상기 가산기(412)로부터의 데이터와 수신한 제2코딩 데이터(Y)를 입력하고, 상기 두 데이터를 디코딩하여 출력한다. 제2가산기(414)는 상기 제1시소 디코더(412)에 의해 디코딩된 데이터와 상기 피드-백되는 데이터를 가산하여 출력한다. 인터리버(416)는 상기 제2가산기(414)에 의해 가산된 데이터를 입력으로 하여 인터리빙을 수행한다. 한편, 제2시소 디코더(418)는 상기 인터리버(416)에 의해 인터리빙된 데이터와 제3코딩 데이터(Z)를 입력으로 하여, 상기 입력되는 데이터를 디코딩하여 출력한다. 하지만, 입력되는 코딩 데이터로 X, Y만이 존재하게 되면 상기 제1시소 디코더(412)만이 동작할 뿐 상기 제2시소 디코더(418)는 동작이 불필요하다. 또한, 입력되는 코딩 데이터로 X만이 존재하면 상기 제1시소 디코더(412)의 동작을 요구되지 않으며, 상기 제2시소 디코더(418)의 동작만으로도 디코더로서의 동작을 수행한다. 따라서, 전술한 바와 같이 본 발명의 일 실시 예에 따른 부호화기에서는 재전송시 X, Y, Z의 코딩 데이터를 균등한 비율로 혼합하여 전송하는 이유인 것이다. 즉, 부호화기에서 재 전송시 코딩 데이터를 본합하여 전송함에 따라 상기 제1시소 디코더(412)와 상기 제2시소 디코더(418)의 동작이 모두 요구됨에 따라 적절한 디코딩이 수행될 수 있는 것이다. 제3가산기(420)는 상기 제2시소 디코더(418)에 의해 디코딩된 데이터와 상기 인터리버(416)에 의해 인터리빙된 데이터를 입력으로 하고, 상기 두 데이터를 가산하여 출력한다. 제1디인터리버(422)는 상기 제3가산기(420)로부터의 가산된 데이터를 디인터리빙하여 상기 피드-백 신호로 출력한다. 제2디인터리버(424)는 상기 제2시소 디코더(418)로부터의 디코딩된 데이터를 디인터리빙하여 출력한다. 판단기(426)는 상기 제2디인터리버(424)로부터의 디인터리빙된 데이터를 입력으로 하고, 상기 디인터리빙된 데이터를 구성하는 심볼들 각각의 값을 결정한다. CRC 검사부(428)는 상기 판단기(426)에 의해 결정된 심볼들의 값을 입력으로 하여 CRC 검사를 수행한다. 한편, 상기 CRC 검사부(428)는 상기 검사 결과에 의해 해당 데이터의 재 전송 여부를 결정한다. 출력 버퍼(430)는 상기 판단기(426)에 의해 결정된 심볼들의 값을 입력으로 하여 임시 저장하고, 상기 CRC 검사부(428)로부터의 검사 결과에 의해 에러가 없을 시 상기 임시 저장하고 있는 심볼들, 즉 송신기에서 전송하고자 하는 원래 데이터(U_i)를 출력한다.

전술한 도 4의 구조에서도 알 수 있는 바와 같이 본 발명의 일 실시 예에 따른 반복 복호기는 디인터리버를 통해 디코딩된 데이터를 피드-백함으로써 반복하여 디코딩이 이루어질 수 있도록 하는 구조를 개시한다.

한편, 전술한 조건과 더불어 본 발명에 따른 제2 및 제3복합 재전송형식에서 아래의 조건이 반영되는 것이 성능개선에 필요하다.

조건 8: 최초의 전송 시에 사용하는 부호의 부호율 R_1 이 매우 1.0에 근접하는 높은 코드 레이트를 가지는 코드(High code rate code)인 경우 부호기는 가급적 시스템틱 코드(Systematic codes)를 사용한다.

따라서, 상술한 조건들이 반영되도록 제2 및 제3복합 재전송형식을 구성하여야 최적의 성능을 구할 수 있다.

다음으로, 컨벌루션날 코드를 사용하는 경우에 있어 부호기와 복호기에 대해 설명한다.

예로서, $R=1/2$ 인 컨벌루션날 코드의 경우에 있어 부호기의 구조를 도 5a에서 보이고 있으며, $R=1/3$ 인 컨벌루션날 코드의 경우에 있어 부호기의 구조를 도 5b에서 보이고 있다.

상기 도 5a를 참조하여 $R=1/2$ 인 컨벌루션날 코드의 경우에 있어 부호기를 살펴보면, 입력 데이터는 8개의 지연기들(510 내지 524)에 의해 순차적으로 지연 출력된다. 제1가산기(526)는 상기 입력 데이터와 제2지연기(512)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제2가산기(528)는 상기 제1가산기(526)의 출력과 제3지연기(514)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제3가산기(530)는 상기 제2가산기(528)의 출력과 제4지연기(516)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제4가산기(532)는 상기 제3가산기(530)의 출력과 제8지연기(524)로부터의 지연 데이터를 가산하여 제1코딩 데이터(G_0)로 출력한다.

제5가산기(534)는 상기 입력 데이터와 제1지연기(510)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제6가산기(536)는 상기 제5가산기(534)의 출력과 상기 제2지연기(512)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제7가산기(538)는 상기 제6가산기(536)의 출력과 상기 제3지연기(514)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제8가산기(540)는 상기 제7가산기(538)의 출력과 제5지연기(518)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제9가산기(542)는 상기 제8가산기(540)의 출력과 제7지연기(522)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제10가산기(544)는 상기 제9가산기(542)의 출력과 상기 제8지연기(524)로부터의 지연 데이터를 가산하여 제2코딩 데이터(G_1)로 출력한다.

상기 도 5b를 참조하여 $R=1/3$ 인 컨벌루션날 코드의 경우에 있어 부호기를 살펴보면, 입력 데이터는 8개의 지연기들(550 내지 564)에 의해 순차적으로 지연 출력된다. 제1가산기(566)는 상기 입력 데이터와 제2지연기(552)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제2가산기(568)는 상기 제1가산기(566)의 출력과 제3지연기(554)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제3가산기(570)는 상기 제2가산기(568)의 출력과 상기 제5지연기(558)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제4가산기(572)는 상기 제3가산기(570)의 출력과 제6지연기(560)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제5가산기(574)는 상기 제4가산기(572)의 출력과 제7지연기(562)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제6가산기(576)는 상기 제5가산기(574)의 출력과 제8지연기(564)로부터의 지연 데이터를 가산하여 제1코딩 데이터(G_0)로 출력한다.

제7가산기(578)는 상기 입력 데이터와 제1지연기(550)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제8가산기(580)는 상기 제7가산기(578)의 출력과 상기 제3지연기(554)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제9가산기(582)는 상기 제8가산기(580)의 출력과 제4지연기(552)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제10가산기(584)는 상기 제9가산기(582)의 출력과 상기 제7지연기(562)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제11가산기(586)는 상기 제10가산기(584)의 출력과 상기 제8지연기(564)로부터의 지연 데이터를 가산하여 제2코딩 데이터(G_1)로 출력한다.

제12가산기(588)는 상기 입력 데이터와 상기 제1지연기(550)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제13가산기(590)는 상기 제12가산기(588)의 출력과 상기 제2지연기(552)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제14가산기(592)는 상기 제13가산기(590)의 출력과 상기 제5지연기(558)로부터의 지연 데이터를 가산하여 출력한다. 제15가산기(594)는 상기 제14가산기(592)의 출력과 상기 제8지연기(564)로부터의 지연 데이터를 가산하여 제3코딩 데이터(G_2)로 출력한다.

다음으로 본 발명의 실시 예에 따른 전술한 조건들을 만족하도록 하는 컨벌루션날 코드(Convolutional codes)와 터보 코드(turbo codes)의 리턴던시 선택방법의 실시 예를 UMTS의 에어 인터페이스(Air interface)를 기준으로 제시한다. 아래에 예로서 3GPP에 제안된 제2 및 제3복합 재전송형식의 전송방식 예를 보였다. 이 경우 처음 전송에서 세 번째 전송까지의 부호율 변화는 전술한 < 표 1 > 과 동일하다. 즉, $R_1=1$, $R_2=1/2$, $R_3=1/3$ 라고 가정한다. 여기 R_2 가 $1/2$ 이라 함은 최초 전송시에 수신된 데이터와 2차 전송시에 수신된 데이터를 합쳐서 총 부호율이 $R_2=1/2$ 임을 의미한다. 그리고 세 번째부터 그 이후의 재전송 시에는 수신되는 리턴던시를 심볼 결합(symbol combining)해서 $R=1/3$ 부호어로 만들어 이를 $R=1/3$ 채널부호 복호기를 사용하여 복호화 한다. 앞서 언급하였듯이 아래의 전송사양에서 위 조건들에 의해서 컨벌루션날 코드(convolutional codes)를 사용하는 경우와 터보 코드(turbo codes)를 사용하는

경우의 리턴던시 선택방법을 제안한다. 우선 이를 위해서 3GPP에 사용되는 터보 코드 부호화기(turbo codes encoder)와 컨벌루션날 코드 부호화기(Convolutional code encoder)의 구조는 앞에서도 살펴본 바와 같이 도 3과 도 5a 및 도 5b에서 각각 보여주고 있다. 하기 < 표 4 > 는 3GPP에 제안된 제2 및 제3복합 재전송형식의 전송방식의 예를 보여주고 있다.

[표 4]

	Event	Operation for buffer
1	Receiving of a new data block (First transmission)	If CRC check is successful, discard the received data block. If CRC check fails, save the received data block associated with block number, redundancy version
2	Receiving of a retransmission of a data block with new redundancy	Output buffered versions of the received data block for combining and channel decoding. If CRC check of combined data block is successful, discard all redundancy versions of this block. If CRC check of combined data block fails, save new redundancy version and keep buffered versions.
3	Receiving of a retransmission of a data block with repeated redundancy	Output buffered version of the received redundancy level of the block for maximum ratio combining. Output all other buffered versions of the data block for combining and channel decoding. If CRC check of combined data block is good, discard all redundancy versions of this data block. If CRC check of combined data block is bad, save maximum ratio combined data block of the received redundancy version.

컨벌루션날 코드들(Convolutional codes)의 재전송패턴

하기의 < 표 5 > 는 컨벌루션날 코드(Convolutional codes) 각각의 재전송 시 리턴던시 선택 방법을 보여주고 있다. 여기서 패턴 1(Pattern 1) 내지 패턴 6(Pattern 6) 각각의 방법은 전술한 조건 1, 조건 2를 자연스럽게 만족한다. 또한, 패턴 7(Pattern 7)의 경우에도 (X,Y,Z)를 < 표 5 > 에서 보여지고 있는 바와 같이 전송하면 조건 1, 조건 2를 자연스럽게 만족한다. 물론, 4차 전송 이후의 재전송에서도 이러한 패턴(Pattern)을 반복함으로써 주기성을 유지할 수 있으며, 조건 3과 조건 4를 만족함으로써 일정한 성능이 보장된다. 컨벌루션날 코드(Convolutional code)의 경우에는 리피티션 패턴(Repetition pattern)에서도 가장 중요한 것이 균등(Uniformity)이 된다. 따라서, 가급적 주기적인 반복 패턴(Repetition pattern)이 사용되어야 한다. 이러한 관점에서 보면, 재전송 시에 우선 X를 다시 보내서 심볼 결합(symbol combining)하는 것이 균등(uniformity) 관점에서 가장 좋다. 왜냐하면 X를 다시 보내서 심볼 결합(symbol combining)하는 것이 반복 주기(Repetition cycle)가 3으로 최소의 주기를 가지므로 이는 Dfree 관점에서 가장 좋다는 의미가 된다. 아래의 < 표 5 > 에서 패턴 7(Pattern 7)의 경우에는 (X,Y,Z)를 각각 혼합하여 전송하는 조합이 여러 가지 가능하며 여기서는 그 중에서 두 가지 예를 보인 것임을 의미한다.

[표 5]

	1차 전송	2차 전송	3차 전송
Pattern 1	X	Y	Z
Pattern 2	X	Z	Y
Pattern 3	Y	X	Z
Pattern 4	Y	Z	X
Pattern 5	Z	X	Y
Pattern 6	Z	Y	X
Pattern 7	A part of (X,Y,Z)x1,y2,z3,x4,y1,z2,zL 혹은 x1,y3,z2,x4,z1,y2,...zL	A part of (X,Y,Z)x2,y3,z2,x5,y6,z5,...yL 혹은 x2,z3,y2,x5,z6,y5,...yL	A part of (X,Y,Z)x3,y1,z1,x6,y4,z4,...xL 혹은 x3,z1,y1,x6,z4,y4,...xL

터보 코드들(Turbo codes)의 재전송패턴

아래의 < 표 6 > 은 $R=1/3$ 인 터보 코드(turbo codes)에서 각각의 재전송 시 리던던시 선택 방법을 보여주고 있다. 여기서, 패턴 1(Pattern 1)과 패턴 2(Pattern 2)의 방법은 전송한 조건 7을 만족하지 못하며, 나머지는 조건 7을 만족한다. 물론, 4차 전송 이후의 재전송에서도 이러한 패턴(Pattern)을 반복함으로써 주기성을 유지할 수 있으며, 조건 3과 조건 4를 만족함으로써 일정한 성능이 보장된다. 리던던시를 전송하고자 하는 경우 전송할 리던던시(X,Y,Z)를 각각 혼합하여 전송하는 여러 가지 조합이 가능한데 아래의 < 표 6 >에서는 그 중에서 10가지의 예로서 패턴 1(Pattern 1) - 패턴 10(Pattern 10)을 보이고 있다. 따라서 상기 조건 1 - 조건 7을 만족하는 예들은 아래의 < 표 6 > 이외에도 많은 수가 있으며 여기서는 그 모두를 구체적으로 나열하지는 않았다.

[표 6]

	1차 전송	2차 전송	3차 전송
Pattern 1	x1,x2,x3,...xL	y1,y2,y3,y4,...yL	z1,z2,z3,...zL
Pattern 2	x1,x2,x3,...xL	z1,z2,z3,...zL	y1,y2,y3,y4,...yL
Pattern 3	x1,x2,x3,...xL	y1,z2,y3,z4,...zL	z1,y2,z3,y4,...yL
Pattern 4	x1,x2,x3,...xL	z1,y2,z3,y4,...yL	y1,z2,y3,z4,...zL
Pattern 5	x1,y2,z3,x4,y5,...zL	x2,y3,z2,x5,y6,z5,...yL	x3,y1,z1,x6,y4,z4,...xL
Pattern 6	x1,y2,z3,x4,y5,...zL	x3,y1,z1,x6,y4,z4,...xL	x2,y3,z2,x5,y6,z5,...yL
Pattern 7	x2,y3,z2,x5,y6,z5,...yL	x1,y2,z3,x4,y5,...zL	x3,y1,z1,x6,y4,z4,...xL
Pattern 8	x2,y3,z2,x5,y6,z5,...yL	x3,y1,z1,x6,y4,z4,...xL	x1,y2,z3,x4,y5,...zL
Pattern 9	x3,y1,z1,x6,y4,z4,...xL	x1,y2,z3,x4,y5,...zL	x2,y3,z2,x5,y6,z5,...yL
Pattern 10	x3,y1,z1,x6,y4,z4,...xL	x2,y3,z2,x5,y6,z5,...yL	x1,y2,z3,x4,y5,...zL

따라서 본 발명의 조건들을 만족하는 패턴 3, 4가 이용되는 것이 추천된다. 하지만 터보코드를 사용하는 경우에 상기 < 표 6 >의 다른 패턴들의 이용을 제한하지는 않는다. 이상에서 언급한 것은 각각의 재전송 시에 동일한 데이터 블록 크기를 사용하는 제2 및 제3복합 재전송형식에 관해서 언급한 것이다. 그러나, 각각의 재전송 시에 서로 다른 크기의 데이터 블록 크기를 사용하는 제2 및 제3복합 재전송형식에 관해서도 일관되도록 하기 위해서 언급한 조건들을 적용할 수 있다. 예를 들어 $R1=3/4$, $R2=2/3$, $R3=1/3$ 과 같이 각각의 전송시에 상이한 데이터 블록 크기를 사용할 수 있다. 즉, 부호기에 입력되는 데이터 블록 크기를 L이라고 할 때, 최초 데이터 블록 크기는 $(3/4)L$, 두 번째 전송되는 데이터 블록 크기는 $(2/3)L$, 세 번째 데이터 블록 크기는 L을 사용할 수 있다. 따라서 이 경우에도 $R1=3/4$, $R2=2/3$,

$R=1/3$ 의 선택에 있어 상기 조건 1 내지 조건 7이 고려되면 된다. 이와 더불어 성능을 향상시키기 위해서 한가지 고려해야 할 것은 앞서 언급한 조건들과 함께 각각의 재전송 시에 사용되는 부호의 오류정정 능력을 최대로 하는 조건이 우선 만족되어야 한다. 따라서 이를 위해서 앞서 제시한 조건들을 유지하되 약간의 불일치가 있을 수 있다.

부호율의 선택에 따른 성능변화

앞서 언급하였듯이 제2 및 제3복합 재전송형식에서 가장 중요한 것은 소스 데이터 패킷에 대해서 처음 전송하는 데이터 블록의 크기와 이에 해당되는 부호율과 부호, 그리고 각각의 재전송 시에 사용되는 데이터 블록의 크기와 이에 해당되는 부호율과 부호의 결정이다. 예를 들어, 모부호(Mother code)의 부호율이 $R=1/3$ 이고, 3번의 재전송이 가능한 시스템을 가정한 경우에 전술한 < 표 1 > 과 같이 각각의 재전송에 따른 부호율을 결정할 수 있다. 그러나 최적의 성능을 보장하기 위해서는 채널의 환경에 적응적인 부호율을 결정하는 것이 필요하다. 하지만, 이를 구현하기 위한 구현의 복잡도가 매우 커서 현실적으로 빠른 처리속도를 요구하는 이동 데이터 통신시스템에서는 사용이 어려울 것으로 보인다. 이러한 상황에서 가장 효율적인 방식은 초기 전송하는 부호의 부호율(R_1)을 1로 해서는 안되고, 1.0에 근접하는 부호율로 설정하는 것이 필요하다. 왜냐하면, 만일 초기 부호율 $R_1=1.0$ 인 경우에는 결국 오류정정부호를 사용하지 않는 언코디드 시스템(Uncoded system)을 사용하는 것과 마찬가지로 된다. 따라서 채널의 상태가 아주 좋은 경우가 아니면 대부분의 경우 처음 전송하는 데이터 블록은 모두 수신오류가 발생하고 결국 재전송을 요구하여 수신된 리턴된 시를 함께 사용하여 구성되는 R_2 의 부호율을 지닌 오류정정부호를 사용해야만 이를 정정하여 성공적으로 수신 가능하다. 이는 기본적으로 처리율이 50%를 초과하지 못함을 의미한다. 그러나 이런 경우 처음 전송되는 부호의 부호율 R_1 이 1.0보다 작다면 즉, 오류정정 능력이 있다면 적절한 S/N에서도 오류정정이 가능하다. 따라서 처리율의 증가를 가져올 수 있다. 이러한 이유에서 하기의 조건이 필요하다.

조건 9: 처음에 전송되는 부호의 부호율 R_1 이 $R_1 < 1.0$ 을 만족하며, 최대 처리율의 상한에 맞추어 그 값을 결정해야 한다.

여기서, 최대 처리율의 상한을 고려하는 것은 채널의 상태가 매우 좋은 경우, 즉 S/N이 매우 큰 경우 제2 및 제3복합 재전송형식의 처리율은 R_1 로 포화되기 때문이다. 따라서, 이 값을 상향 조절하기 위해서는 가급적 R_1 을 1.0에 근접시켜야 하나 이런 경우 앞서 제시한 문제가 발생하므로 이 둘 사이에서 가장 최적의 값을 R_1 로 결정해야 한다.

복합재전송 형식 II/III의 구현에 따른 복호기의 선택

제2 및 제3복합 재전송형식을 사용하는 시스템이나 혹은 심볼 결합(symbol combining)을 사용하는 수정된 제1, 제2 또는 제3복합 재전송형식에서는 기존의 데이터 통신시스템에서 사용하는 오류정정부호 복호기와는 달리 다음의 조건을 가급적 만족하는 오류정정부호 복호기가 사용되어야 성능이 개선된다.

조건 10: 심볼 결합(symbol combining) 혹은 심볼 천공(symbol puncturing)을 사용하는 통신시스템에서 사용되는 오류정정부호 복호기는 채널의 수신상태를 지시하는 인자(예로서, 채널의 S/N, E_b/N_0 , E_c/N_0 , E_c/I_{or} 등)와 독립적인 복호방식 또는 이들 인자의 변화에 덜 민감한(less sensitive) 복호방식을 지닌 복호기를 가급적 사용해야 한다.

조건 11: 제2 및 제3복합 재전송형식을 사용하는 시스템이나 혹은 심볼 결합(symbol combining)을 사용하는 수정된 제1, 제2 또는 제3복합 재전송형식에서는 가급적이면 기존의 통신시스템에서 사용하는 오류정정부호 복호기는 채널의 수신상태를 지시하는 인자(예로서, 채널의 S/N, E_b/N_0 , E_c/N_0 , E_c/I_{or} 등)와 독립적인 복호방식 또는 이들 인자의 변화에 덜 민감한(less sensitive) 복호방식을 지닌 복호기를 사용해야 한다.

상기의 조건이 사용되는 이유는 다음과 같다.

일반적으로 오류정정부호 복호기는 하기의 < 표 7 > 과 같이 채널의 수신상태를 지시하는 인자(예로서, 채널의

S/N, Eb/No, Ec/No, Ec/Ior 등)를 복호하는 과정에서 직접적으로 사용하는 지의 여부에 따라 이에 종속적인 복호기와 독립적인 복호기로서 구별될 수 있다. 즉, 매 부호 심볼마다 변화하는 채널의 상태를 직접적으로 복호기가 사용하는 지의 여부에 따른 구별이 가능하다. 또한, 하기의 < 표 7 > 과 같이 이러한 채널상태정보는 대부분의 복호기가 복호화를 위해 수신된 부호어 심볼로부터 제일 먼저 수행하는 초기 연산과정인 가지 메트릭(Branch Metric: BM) 계산과정에 반영된다. 예를 들어, 아래 < 표 7 > 과 같이 채널상태정보에 종속적인 복호기와 채널상태정보에 독립적인 복호기의 BM의 계산과정상의 차이점을 보였다. 아래의 < 표 7 > 에서 u_1, u_2, \dots, u_r 은 수신된 부호어 심볼들을 나타내며 $\text{Max}()$ 와 $\text{Min}()$ 은 각각 이들 중의 최대 또는 최소를 각각 의미한다. 또한 \pm 는 BM의 종류에 따라 + 또는 -가 선택되어 사용할 수 있음을 의미한다. 다음으로 δ 는 (u_1, u_2, \dots, u_r) 의 차이로 결정되는 값이며, $f(\text{channel information})$ 는 채널의 수신상태를 지시하는 인자에 의해서 결정되는 특정함수를 의미한다.

[표 7]

채널상태정보에 독립적인 복호기	채널상태정보에 종속적인 복호기
$\text{BM} = \text{Max}(u_1, u_2, u_3, \dots, u_r)$ or $\text{BM} = \text{Min}(u_1, u_2, u_3, \dots, u_r)$	$\text{BM} = \text{Max}(u_1, u_2, u_3, \dots, u_r) \pm \delta(u_1, u_2, u_3, \dots, u_r) f(\text{Channel information})$ or $\text{BM} = \text{Min}(u_1, u_2, u_3, \dots, u_r) \pm \delta(u_1, u_2, u_3, \dots, u_r) f(\text{Channel information})$

예로서 다음에 채널상태정보에 독립적인 복호기들과 채널상태정보에 종속적인 복호기들의 예를 보였다.

채널상태정보에 독립적인 복호기 : Viterbi decoder, SOVA (Soft Output Viterbi Decoder), RE-SOVA (Register Exchange SOVA), Max LOG MAP decoder, Max MAP decoder

* 채널상태정보에 종속적인 복호기 : LOG MAP decoder, MAP decoder, Sub LOG MAP decoder

한편, 일반적으로 채널상태정보에 대해 종속적인 복호기가 채널상태정보에 대해 독립적인 복호기에 비하여 이상적인 채널상태정보를 제공받는 경우 더 우수한 성능을 제공한다. 상기 < 표 7 > 에서 보듯이 채널상태정보에 종속적인 복호기는 가지 메트릭(Branch metric)을 구하는 과정에서 매 수신한 부호어 심볼에 해당되는 채널상태정보인 $f(\text{Channel information})$ 를 사용한다. 그러나 어떠한 이유, 예를 들어 심볼 결합(symbol combining) 혹은 심볼 천공(symbol puncturing)을 사용하는 통신시스템의 경우 $Yd1020010107646$ 우처럼 각각의 부호어 심볼의 수신에너지가 각기 다른 경우 동일한 채널상태 환경이라도 각각의 수신한 부호어 심볼에 해당되는 최종적인 채널상태정보인 $f(\text{Channel information})$ 는 매 시간 바뀌게 된다. 따라서, 이러한 채널상태 정보를 정확하게 추정(Estimation)할 수 없는 경우에는 오히려 채널상태정보에 독립적인 복호기를 사용하는 것이 더 나은 성능을 제공한다. 예를 들어, $\delta(u_1, u_2, u_3, \dots, u_r) \times f(\text{Channel information})$ 값이 $\text{Max}(u_1, u_2, u_3, \dots, u_r)$ 보다 크게 변화하는 경우에는 큰 오류가 발생하게 된다.

또한, 제2 및 제3복합 재전송형식을 사용하는 시스템이나 혹은 심볼 결합(symbol combining)을 사용하는 수정된 제1, 제2 및 제3복합 재전송형식에서도 위와 같은 문제가 발생한다. 즉, 도 9에서 보는 것처럼 각각의 부호어 심볼에 대응하는 수신 에너지가 재전송 회수에 따라서 각기 다른 경우 동일한 채널상태 환경이라도 각각의 수신한 부호어 심볼에 해당되는 최종적인 채널상태정보인 $f(\text{Channel information})$ 는 매 시간 바뀌게 된다. 상기 도 9는 복합재전송 형식에서 수신된 심볼의 에너지 변화를 보여주고 있는 도면이다.

따라서, 이러한 채널상태 정보를 정확하게 추정(Estimation)할 수 없는 경우에는 오히려 채널상태정보에 독립적인 복호기를 사용하는 것이 더 나은 성능을 제공한다. 현실적으로 이러한 심볼 단위의 에너지 변화를 각기 다르게 설정해준다는 것은 구현상에 매우 큰 장애 요인이 된다.

반면에 일반적으로 채널상태정보에 독립적인 복호기의 성능은 채널상태정보에 종속적인 복호기의 성능에 비하여 낮은

S/N인 경우에는 다소의 차이가 있으나 S/N이 증가하면 양자간의 성능차이는 거의 발생하지 않는다. 왜냐하면 S/N이 증가하면 $\delta(u_1, u_2, u_3, \dots, u_r)$ 값 자체가 매우 작아져서 결국 0에 가까운 값이 되기 때문이다. 따라서 실제 구현을 고려할 때 채널의 수신상태를 지시하는 인자(예로서, 채널의 S/N, E_b/N_0 , E_c/N_0 , E_c/I_{or} 등)와 독립적인 복호방식 또는 이들 인자의 변화에 덜 민감한(less sensitive) 복호방식을 지닌 복호기를 사용하는 것이 바람직하다.

기존의 복합재전송 형식I과 고안한 복합재전송 형식II/III과의 관계 및 성능분석

도 7과 도 8에 제2복합 재전송형식을 사용한 비동기방식의 표준인 3GPP(3rd Generation Project Partnership) UMTS의 에어 인터페이스(Air interface)에서의 성능을 보였다. 상기 도 7과 상기 도 8의 성능분석에 사용된 변수는 다음과 같다.

① Transport channel multiplexing structure for down-link is used according to TS25.212

② One TrCH with one TrBlk: (@ 24.8kbps, TTI=20msec, TrBlk size = 496 bits)

③ Rate matching is not performed for simple analysis.

④ Channel model: AWGN

⑤ Channel decoders: Floating C models are used.

- Convolutional codes: Viterbi decoder

- Turbo codes: MAX LOG MAP decoder

⑥ A simple HARQ TYPE II protocol with 3 steps for incremental redundancy is as follows

상기 ⑥의 변수에 대응하는 표는 하기 < 표 8 > 과 같다.

[표 8]

	Event	Operation for buffer
1	Receiving of a new data block (First transmission)	If CRC check is successful, discard the received data block. If CRC check fails, save the received data block associated with block number, redundancy version
2	Receiving of a retransmission of a data block with new redundancy	Output buffered versions of the received data block for combining and channel decoding. If CRC check of combined data block is successful, discard all redundancy versions of this block. If CRC check of combined data block fails, save new redundancy version and keep buffered versions.
3	Receiving of a retransmission of a data block with repeated redundancy	Output buffered version of the received redundancy level of the block for maximum ratio combining. Output all other buffered versions of the data block for combining and channel decoding. If CRC check of combined data block is good, discard all redundancy versions of this data block. If CRC check of combined data block is bad, save maximum ratio combined data block of the received redundancy version.

리던던기 선택과 결합(Redundancy Selection and Combining)

제2복합 재전송형식을 사용하기 위해서 도 6a 와 도 6b에서 보여지고 있는 바와 같이 송신기에 리던던시 선택기(Redundancy Selection)와 수신기에 재 전송된 리던던시로부터 심볼 결합을 하기 위한 버퍼/결합기(Buffering/Combining)가 사용되었다.

상기 도 6a는 본 발명의 제2복합 재전송형식에 따른 송신기 구조의 일 실시 예를 보여주고 있으며, 상기 도 6b는 본 발명의 제2복합 재전송형식에 따른 수신기 구조의 일 실시 예를 보여주고 있다.

상기 도 6a를 참조하면, 채널 부호화기(channel coding) (610)는 전송하고자 하는 데이터를 복수의 채널 코딩 방식에 의해 채널 코딩을 수행한다. 리던던시 선택부(612)는 상기 채널 코딩된 복수의 데이터들 각각을 소정 개수로 분할하고, 전송 요구시 마다 상기 분할된 데이터들을 동일 비율로 혼합하여 상호 배타적 위치에서 전송한다. 즉, 상기 리던던시 선택부(612)는 채널 코딩된 데이터를 복합 재전송형식에 의해 레이트 매칭하여 출력하거나 일반 재전송형식에 의해 레이트 매칭하여 출력한다. 상기 리던던시 선택부(612)는 선택부(614), 복합 재전송형식 레이트 매칭부(616) 및 일반 재전송형식 레이트 매칭부(618)로 구성된다. 상기 선택부(614)는 상기 채널 부호화기(610)로부터의 채널 코딩된 복수의 데이터들을 제2복합 재전송형식의 사용 여부에 의해 상기 복합 재전송형식 레이트 매칭부(616) 또는 상기 일반 재전송형식 레이트 매칭부(618)로 스위칭한다. 상기 복합 재전송형식 레이트 매칭부(616)는 상기 선택부(614)로부터의 데이터들 각각을 소정 개수로 분할하고, 전송 요구시 마다 상기 분할된 데이터들을 동일 비율로 혼합하여 상호 배타적 위치에서 전송한다. 상기 일반 재전송형식 레이트 매칭부(618)는 상기 선택부(614)로부터의 데이터들을 일반 재전송형식에 의해 전송한다.

즉, 상술한 도 6a에서도 보이고 있는 바와 같이 본 발명의 제2복합 재전송형식에 따른 송신기는 사용할 재전송형식에 의해 데이터를 제2복합 재전송형식으로 전송하거나 일반 재전송형식으로 전송하는 구조를 가진다.

상기 도 6b를 참조하면, 리던던시 선택부(620)는 전송 또는 재 전송되는 데이터를 복합 재전송형식에 의해 레이트 디매칭을 수행하거나 일반 재전송형식에 의해 레이트 디매칭을 수행한다. 상기 리던던시 선택부(620)는 버퍼 및 결합기(624), 복합 재전송형식 레이트 디매칭부(626), 일반 재전송형식 레이트 디매칭부(622) 및 선택부(628)로 구성된다. 상기 버퍼 및 결합기(624)는 재 전송되는 데이터들을 버퍼링하고, 상기 재 전송되는 데이터들의 리던던시로부터 심볼 결합을 수행한다. 상기 복합 재전송형식 레이트 디매칭부(626)는 상기 버퍼 및 결합기(624)로부터의 데이터에 대해 복합 재전송형식에 따른 레이트 디매칭을 수행한다. 일반 재전송형식 레이트 매칭부(622)는 상기 재전송되는 데이터들에 대해 일반 재전송형식에 따른 레이트 매칭을 수행한다. 상기 선택부(628)는 상기 복합 재전송형식 레이트 매칭부(626)와 상기 일반 재전송형식 레이트 매칭부(622)로부터의 출력을 스위칭한다. 한편, 상기 선택부(628)에 의해 선택 출력되는 데이터는 채널 디코딩부(630)로 인가되어 채널 디코딩된 후 출력된다.

전술한 제2복합 재전송형식에 따른 각각의 재전송 시에 사용되는 부호율의 일 예를 보이면 하기 < 표 9> 와 같다.

[표 9]

Code rate	First redundancyversion	Second redundancyversion	Third redundancyversion
1/3	1	1/2	1/3

한편, 분석에 사용한 처리율(Throughput) 정의는 하기 < 수학적식 1> 과 같다.

수학적식 1

$$\text{Throughput} = \left[\frac{\text{오류없이 수신된 } TrBLK \text{의 수}}{\text{송신한 } TrBLK \text{ 수}} \right] \times \left[\frac{\text{정보어 비트수}}{\text{정보어 비트수} + \text{CRC 비트수} + \text{테일 비트수}} \right]$$

전술한 도 7에서 보여지고 있듯이 제2복합 재전송형식(HARQ Type II)을 사용하는 컨벌루션날 코드(convolutional code)의 처리율은 기존의 제1복합 재전송형식에 비하여 상당한 증가를 보여주고 있다. 예를 들어서 E_s/N_0 가 0.23dB 인 지점에서 현재의 제1복합 재전송 형식은 부호율이 $R=1/3$ 이므로 최대 처리율 33%를 초과하지 못한다. 그러나 제2 복합 재전송형식(HARQ Type II)은 48%를 제공하고 있음을 알 수 있다. 특히, E_s/N_0 가 증가하면 할수록 처리율은 증가하여 E_s/N_0 가 7.23dB인 경우에는 약 90%의 처리율을 보여주고 있다. 또한, 재전송 횟수의 제한에 따라서 낮은 E_s/N_0 에서 처리율이 변화하는 것을 알 수 있다. 재전송 횟수가 증가할수록 처리율은 증가한다. 여기서 사용된 파라미터는 하기 < 표 9 > 에서 보여지고 있는 바와 같다.

[표 10]

Channel	AWGN
Information Size	496
CRC	16
Coding Scheme	Convolutional Code
Code Rate	1/3
Rate Matching Ratio	1.0
Information Pattern	111111 ..

다음으로 하기 < 표 10 >에서는 전송패턴에 따른 성능의 차이를 비교하였다.

[표 11]

	1dB	5dB	10dB
XYZ	2.79e -01	4.98e -01	6.80e -01
YZX	2.86e -01	5.00e -01	6.94e -01
ZXY	2.87e -01	4.98e -01	7.04e -01

상기 < 표 10 >에서 보여지고 있는 결과와 같이 (X,Y,Z)의 변화에 따른 성능의 차이는 크게 없음을 알 수 있다.

도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 제2복합 재전송형식을 사용하는 부호율 $R=1/3$ 의 터보 코드의 경우 처리율을 보여 주고 있다.

터보코드의 경우 기존의 제1복합 재전송형식에 비하여 상당한 처리율의 증가를 보여주고 있다. 예를 들어서 E_s/N_0 가 0.23dB인 지점에서 현재의 제1복합 재전송형식은 부호율이 $R=1/3$ 이므로 최대 처리율 33%를 초과하지 못한다. 그러나 본 발명의 일 실시 예에 따른 제2복합 재전송형식(HARQ Type II)은 48%를 제공하고 있음을 알 수 있다. 즉, E_s/N_0 가 증가하면 할수록 처리율은 증가하여 E_s/N_0 가 7.23dB인 경우에는 약 90%의 처리율을 보여주고 있다. 또한, 재전송 횟수의 제한에 따라서 낮은 E_s/N_0 에서 처리율이 변화하는 것을 알 수 있다. 재전송 횟수가 증가할수록 처리율은 증가한다. 이와 더불어 낮은 E_s/N_0 의 경우 컨벌루션날 코드(Convolutional codes)에 비하여 터보 코드(turbo codes)가 더 높은 처리율을 보였다. 이는 앞서 조건 8에 해당되는 결과로 우리가 현재 사용하고 있는 컨벌루션날 코드(Convolutional codes)는 논시스티메틱 코드(Non systematic code)이며, 터보 코드(turbo codes)는 시스티메틱 코드(Systematic code)이다. 따라서 낮은 E_s/N_0 의 경우 터보 코드(turbo codes) 쪽이 컨벌루션날 코드(convolutional codes)에 비하여 더 높은 처리율을 보여주고 있다. 즉, 높은 E_s/N_0 인 경우에도 터보 코드(turbo codes) 쪽이 컨벌루션날 코드(convolutional codes)에 비하여 더 높은 처리율을 보여주고 있으며, 이것도 터보 코드(turbo code)가 구조적인 코드(Systematic code)이기 때문에 발생하는 이득이다.

발명의 효과

상술한 바와 같이 본 발명은 데이터 통신시스템의 신뢰도를 향상시킬 뿐만 아니라 처리율을 개선하는 효과가 있다. 따라서, 데이터 통신시스템의 성능 개선시킬 수 있으며, 향후 차세대 이동통신시스템의 성능을 개선시키는 효과가 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

L개의 정보비트들의 열을 입력하고 상기 L개의 정보비트들의 열과 상기 정보비트들에 대해 적어도 2개의 패리티 비트들의 M개의 열들을 발생하고 상기 패리티 비트들의 각 열은 L개의 패리티 비트들인 터보 부호기를 포함하는 복합 재전송 송신시스템에서 상기 정보비트들의 열과 상기 패리티 비트들의 열들을 전송하는 방법에 있어서,

최초 전송시 상기 터보 부호기의 초기 전송 부호율이 1 이하이고, 이에 의해 주어지는 전송비트들의 수를 N_1 이라 할 때 상기 L개의 정보비트들의 열과, $(N_1 - L)/M$ 에 가까운 두 개의 정수들 중 하나에 의해 결정되는 패리티 비트들을 각각 가지는 패리티 비트들의 열들을 전송하는 과정과,

상기 최초 전송의 정보비트들의 비 수신에 따른 재 전송 요구시 상기 터보 부호기의 재 전송 부호율이 1 이하이고, 이에 의해 주어지는 전송 비트들의 수를 N_2 라 할 때 N_2/M 에 가까운 두 개의 정수들 중 하나에 의해 결정되는 패리티 비트들을 각각 가지는 패리티 비트들의 열들을 전송하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 상기 방법.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 최초 전송시 상기 터보 부호기의 상기 초기 전송 부호율이 1일 때 상기 L개의 정보 비트들의 열을 전송하고, 상기 최초 전송의 정보 비트들의 비 수신에 따른 재 전송 요구시 상기 패리티 비트들의 열들 각각으로부터의 L/M 에 의해 결정되는 개수의 패리티 비트들로 L개의 패리티 비트들의 열을 이루어 전송하는 과정을 더 구비함을 특징으로 하는 상기 방법.

청구항 3.

제1항에 있어서,

상기 최초 전송시 상기 터보 부호기의 초기 전송 부호율은 미리 결정된 상기 터보 부호기의 최대 처리율에 의해 결정함을 특징으로 하는 상기 방법.

청구항 4.

제1항에 있어서,

상기 최초 전송시 상기 터보 부호기의 초기 전송 부호율은 1보다 작으나 1에 근접한 값을 특징으로 하는 상기 방법.

청구항 5.

소정 개수(L)의 정보비트들로 이루어진 정보비트들의 열을 입력하고, 상기 정보비트들의 열과 상기 정보비트들에 대해 상기 소정 개수의 패리티 비트들로 이루어진 패리티 비트들의 열을 소정 전송 부호화율에 의해 결정되는 개수(M)만큼 발생하는 터보 부호기를 포함하는 복합 재전송 송신시스템에서 상기 정보비트들의 열과 상기 패리티 비트들의 열들을 복합 재전송 수신시스템으로 전송하는 방법에 있어서,

초기 전송시 상기 소정 전송 부호화율과 재 전송 가능 횟수에 의해 초기 전송 부호화율을 결정하고, 상기 결정한 상기 초기 전송 부호화율에 따라 전송하는 초기 데이터 블록이 적어도 상기 정보비트들의 열을 포함하도록 하여 전송하는 초기 전송과정과,

상기 복합 재전송 수신시스템으로부터의 재 전송 요구시 마다 상기 소정 전송 부호화율과 상기 재 전송 가능 횟수 및 재 전송 시도 횟수에 의해 재 전송 부호화율을 결정하고, 상기 결정한 상기 재 전송 부호화율에 따라 재 전송하는 데이터 블록이 상기 패리티 비트들의 열들 각각의 상기 소정 개수의 패리티 비트들 중 전송하지 않은 패리티 비트들을 균등한 비율로 포함하도록 하여 전송하는 재 전송과정을 포함함을 특징으로 하는 상기 방법.

청구항 6.

제5항에 있어서, 상기 초기 전송과정은,

상기 결정한 상기 초기 전송 부호화율이 1이하이면 이에 의해 주어지는 전송비트들의 수를 $N1$ 이라 할 때 상기 L 개의 정보비트들의 열과, $(N1 - L)/M$ 에 가까운 두 개의 정수들 중 하나에 의해 결정되는 패리티 비트들을 각각 가지는 패리티 비트들의 열들을 상기 초기 데이터 블록을 통해 전송함을 특징으로 하는 상기 방법.

청구항 7.

제5항에 있어서, 상기 초기 전송과정은,

상기 결정된 상기 초기 전송 부호화율이 1이면 상기 L 개의 정보 비트들의 열을 상기 초기 데이터 블록을 통해 전송함을 특징으로 하는 상기 방법.

청구항 8.

제6항에 있어서, 상기 재 전송과정은,

상기 재 전송 요구시 상기 터보 부호기의 재 전송 부호율이 1 이하이면 이에 의해 주어지는 전송 비트들의 수를 $N2$ 라 할 때 $N2/M$ 에 가까운 두 개의 정수들 중 하나에 의해 결정되는 패리티 비트들을 각각 가지는 패리티 비트들의 열들을 전송함을 특징으로 하는 상기 방법.

청구항 9.

제7항에 있어서, 상기 재 전송과정은,

상기 재 전송 요구시 상기 터보 부호기의 재 전송 부호율이 1이면 상기 M 개의 상기 패리티 비트들의 열들 각각으로부터의 L/M 에 의해 결정되는 개수의 패리티 비트들로 L 개의 패리티 비트들의 열을 이루어 전송함을 특징으로 하는 상기 방법.

청구항 10.

제5항에 있어서,

상기 초기 전송 부호율은 미리 결정된 상기 터보 부호기의 최대 처리율에 의해 결정함을 특징으로 하는 상기 방법.

청구항 11.

제8항에 있어서,

상기 결정된 상기 초기 전송 부호화율은 1보다 작으나 1에 근접한 값을 특징으로 하는 상기 방법.

청구항 12.

복합 재전송 송신시스템의 송신기에서 정보비트들의 열과 패리티 비트들의 열들을 수신기로 전송하는 장치에 있어서,

소정 개수(L)의 정보비트들로 이루어진 상기 정보비트들의 열을 입력하고, 상기 정보비트들의 열과 상기 정보비트들에 대해 상기 소정 개수(L)의 패리티 비트들로 이루어진 상기 패리티 비트들의 열을 소정 전송 부호화율에 의해 결정되는 개수(M)만큼 발생하는 터보 부호기와,

초기 전송시 초기 데이터 블록이 적어도 상기 정보비트들의 열을 포함하도록 하며, 상기 수신기로부터의 재 전송 요구 시 마다 재 전송 데이터 블록이 상기 패리티 비트들의 열들 각각의 상기 소정 개수의 패리티 비트들 중 전송하지 않은 패리티 비트들을 균등한 비율로 포함하도록 하는 리던던시 선택부를 포함하는 상기 장치.

청구항 13.

제12항에 있어서,

상기 초기 데이터 블록에 의해 전송 가능한 전송 비트들의 수는 상기 소정 전송 부호화율과 재 전송 가능 횟수에 의해 결정한 초기 전송 부호화율에 의해 정하여짐을 특징으로 하는 상기 장치.

청구항 14.

제12항에 있어서,

상기 재 전송 데이터 블록에 의해 전송 가능한 전송 비트들의 수는 상기 소정 전송 부호화율과 상기 재 전송 가능 횟수 및 재 전송 시도 횟수에 의해 결정한 재 전송 부호화율에 의해 정하여짐을 특징으로 하는 상기 장치.

청구항 15.

제13항에 있어서,

상기 결정한 상기 초기 전송 부호화율이 1이하이면 이에 의해 주어지는 상기 초기 데이터 블록의 전송비트들의 수를 $N1$ 이라 할 때 상기 L개의 정보비트들의 열과, $(N1 - L)/M$ 에 가까운 두 개의 정수들 중 하나에 의해 결정되는 패리티 비트들을 각각 가지는 패리티 비트들의 열들을 상기 초기 데이터 블록에 의해 전송함을 특징으로 하는 상기 장치.

청구항 16.

제13항에 있어서,

상기 결정된 상기 초기 전송 부호화율이 1이면 상기 L개의 정보 비트들의 열을 상기 초기 데이터 블록에 의해 전송함을 특징으로 하는 상기 장치.

청구항 17.

제14항에 있어서,

상기 결정된 상기 재 전송 부호화율이 1 이하이면 이에 의해 주어지는 전송 비트들의 수를 $N2$ 라 할 때 $N2/M$ 에 가까운 두 개의 정수들 중 하나에 의해 결정되는 패리티 비트들을 각각 가지는 패리티 비트들의 열들을 상기 재 전송 데이터 블록에 의해 전송함을 특징으로 하는 상기 장치.

청구항 18.

제14항에 있어서,

상기 결정된 상기 재 전송 부호화율이 1이면 상기 M개의 상기 패리티 비트들의 열들 각각으로부터의 L/M에 의해 결정되는 개수의 패리티 비트들로 L개의 패리티 비트들의 열을 이루어 전송함을 특징으로 하는 상기 장치.

청구항 19.

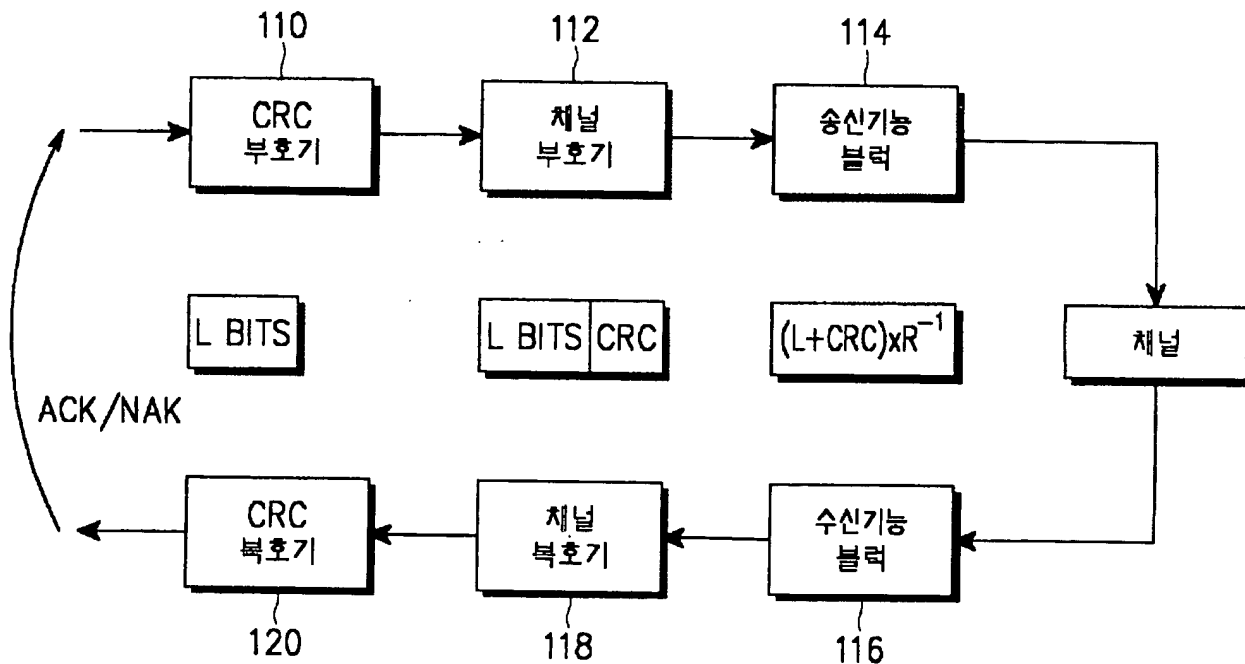
소정 개수(L)의 정보비트들로 이루어진 정보비트들의 열을 입력하고, 상기 정보비트들의 열과 상기 정보비트들에 대해 상기 소정 개수의 패리티 비트들로 이루어진 패리티 비트들의 열을 소정 전송 부호화율에 의해 결정되는 개수(M)만큼 발생하는 터보 부호기를 포함하여 상기 정보비트들의 열과 상기 패리티 비트들의 열들을 수신장치로 전송하는 송신장치에 있어서,

복합 재전송형식의 사용 여부에 의해 상기 정보비트들의 열과 상기 패리티 비트들의 열들을 스위칭하는 스위칭부와,

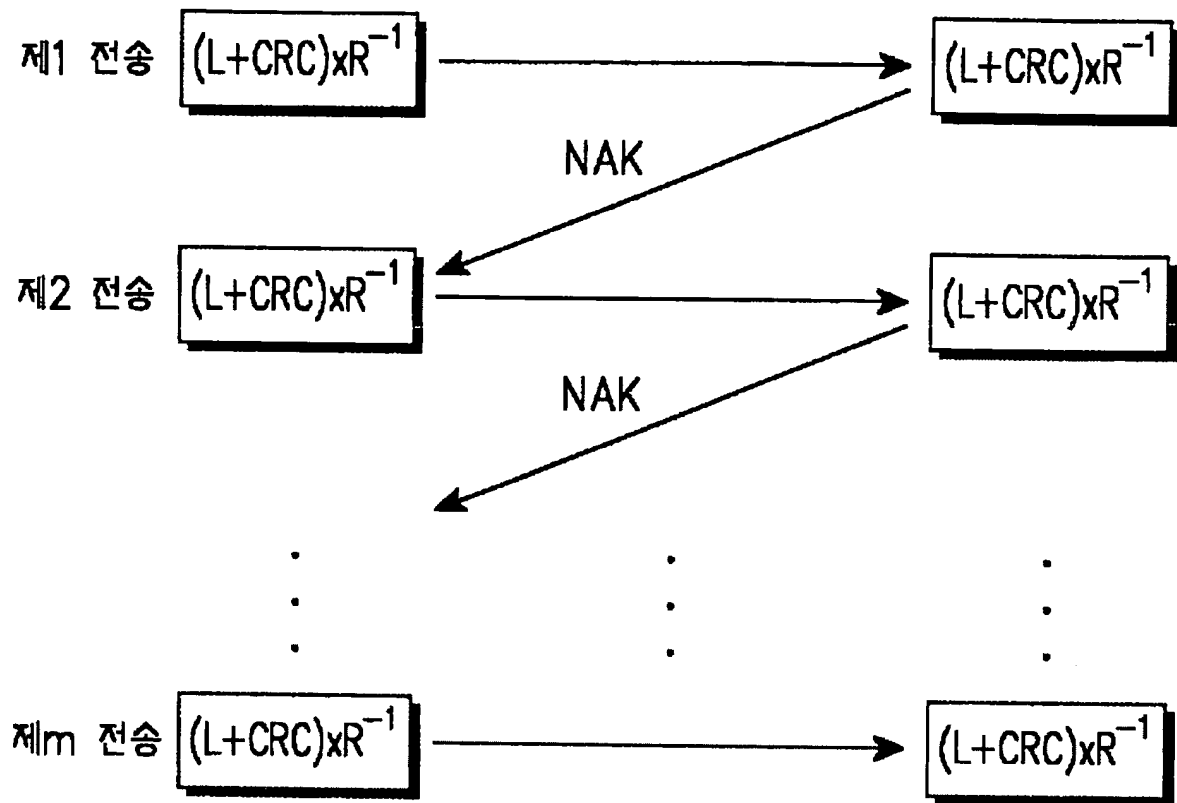
상기 스위칭부로부터의 상기 정보비트들의 열과 상기 패리티 비트들의 열들을 입력하고, 초기 전송시 초기 데이터 블록이 적어도 상기 정보비트들의 열을 포함하도록 하며, 상기 수신장치로부터의 재 전송 요구시 마다 재 전송 데이터 블록이 상기 패리티 비트들의 열들 각각의 상기 소정 개수의 패리티 비트들 중 전송하지 않은 패리티 비트들을 균등한 비율로 포함하도록 하는 복합 재전송 레이트 매칭부와,

상기 상기 스위칭부로부터의 상기 정보비트들의 열과 상기 패리티 비트들의 열들을 입력하고, 일반 재전송형식에 따른 레이트 매칭을 수행하는 일반 재전송 레이트 매칭부를 포함함을 특징으로 하는 상기 장치.

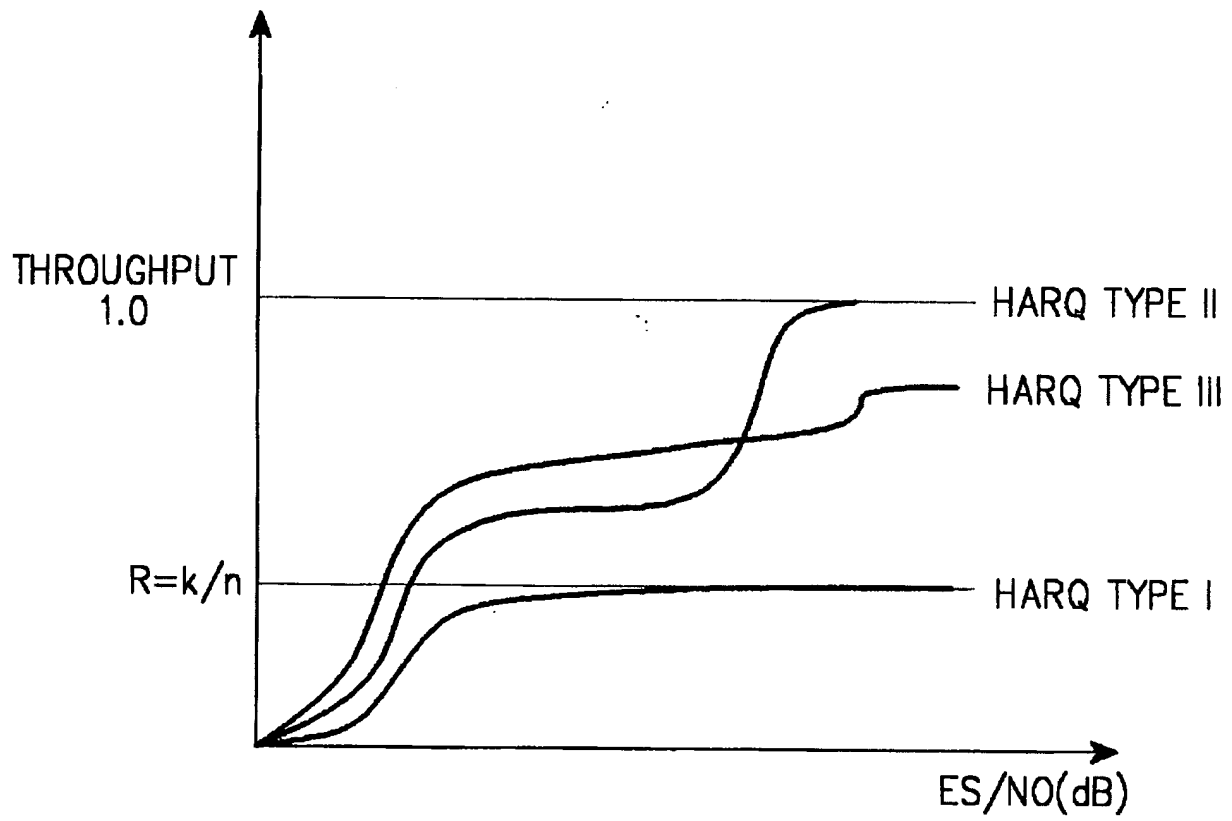
도면 1a



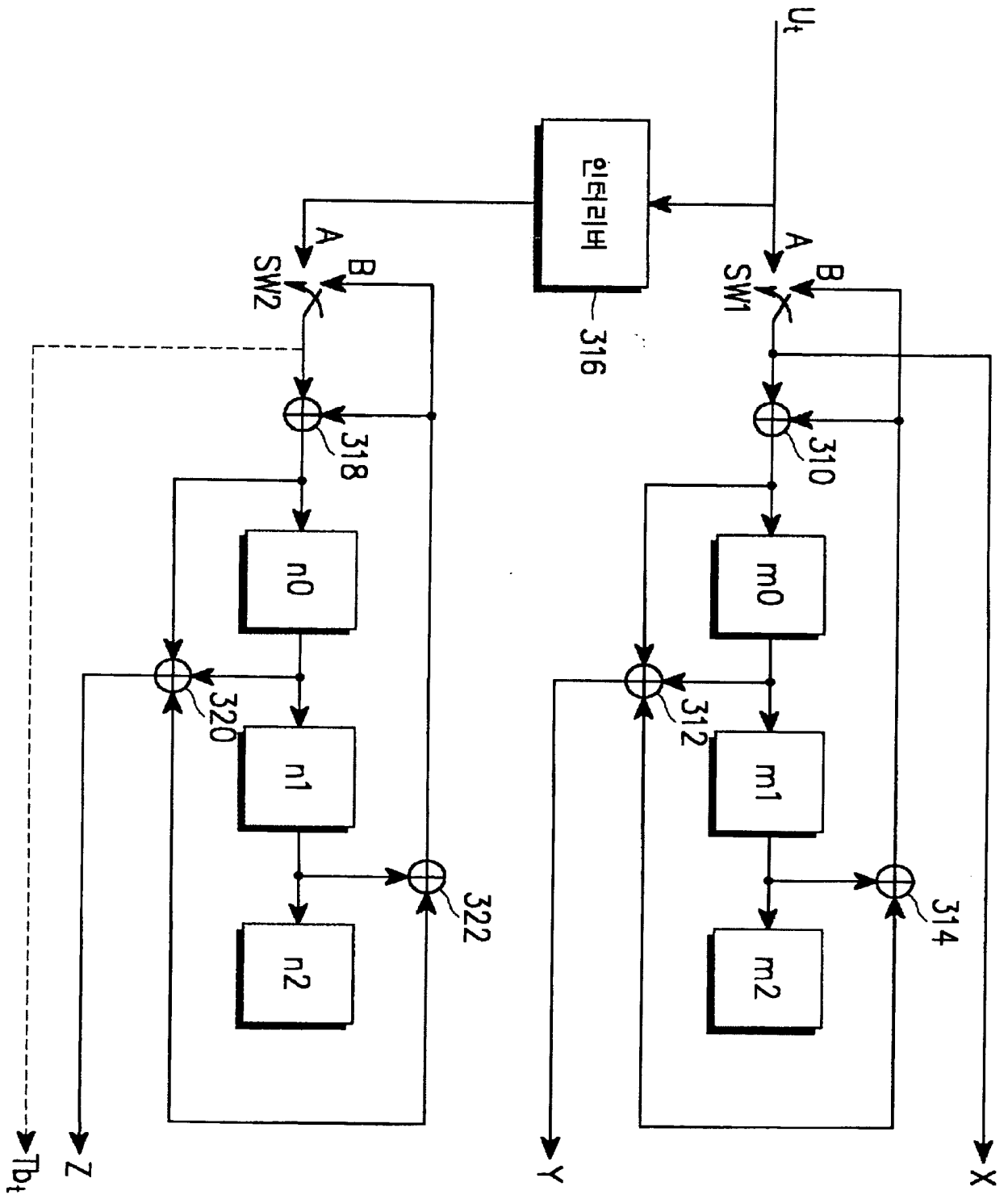
도면 1b



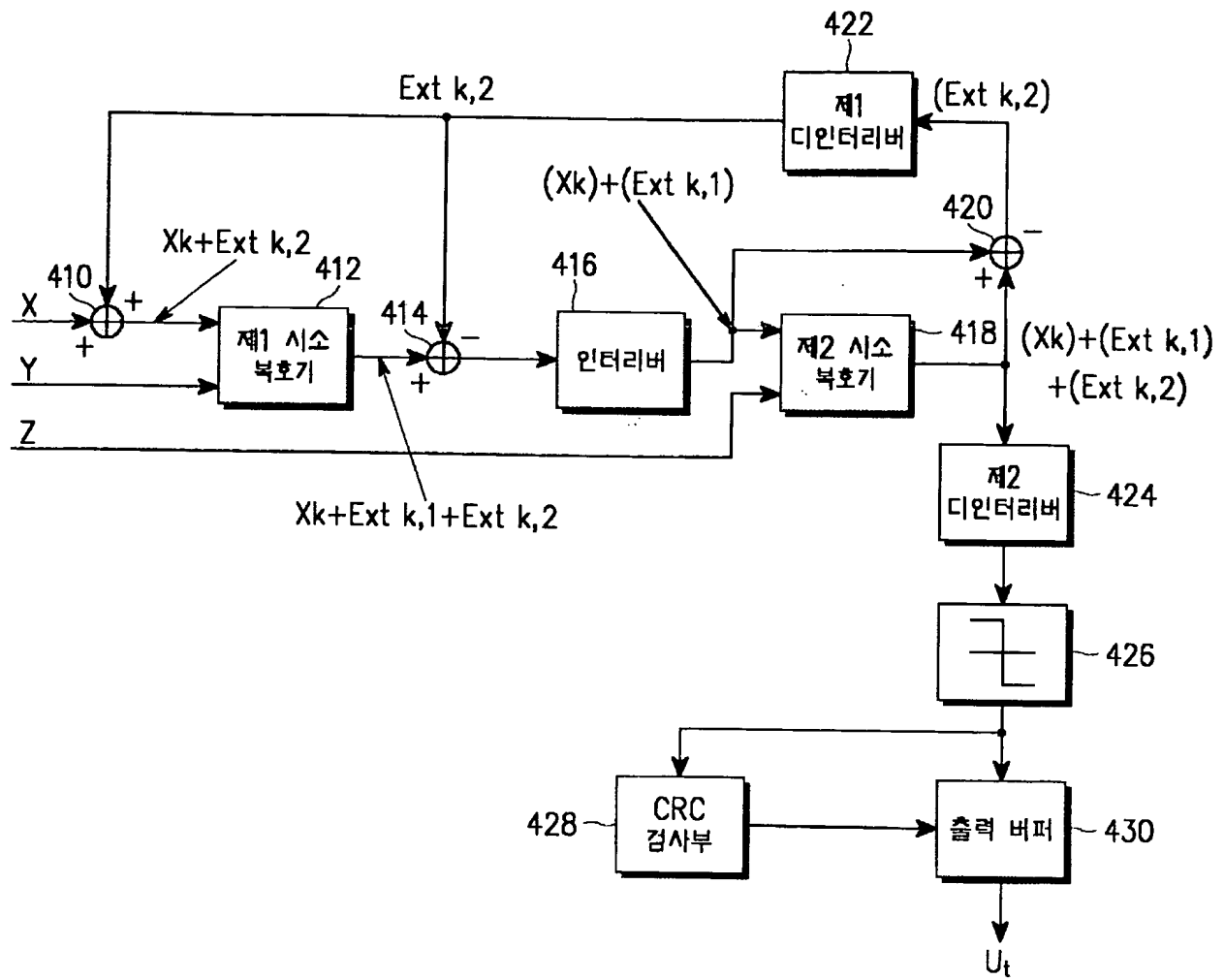
도면 2



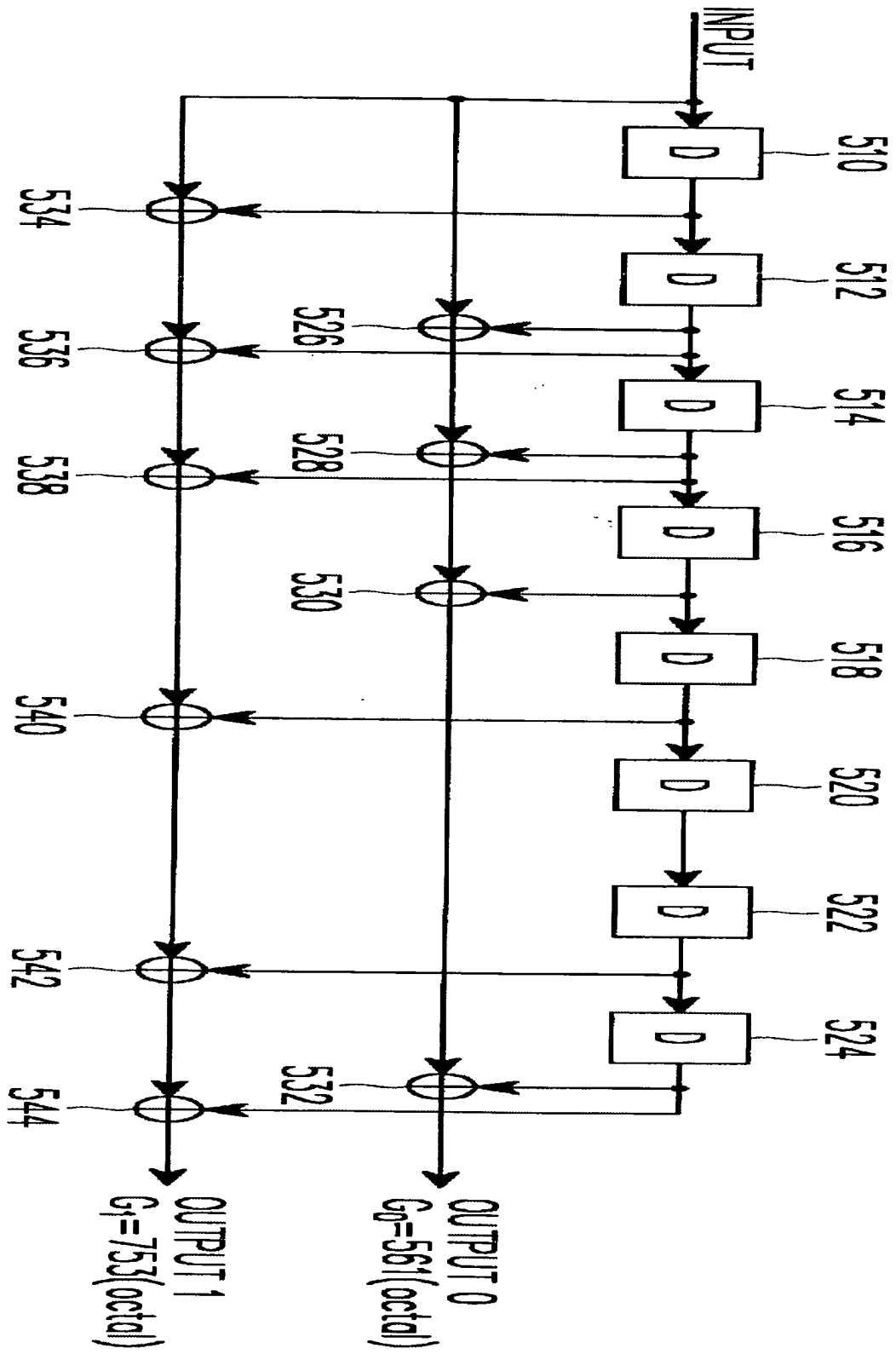
도면 3



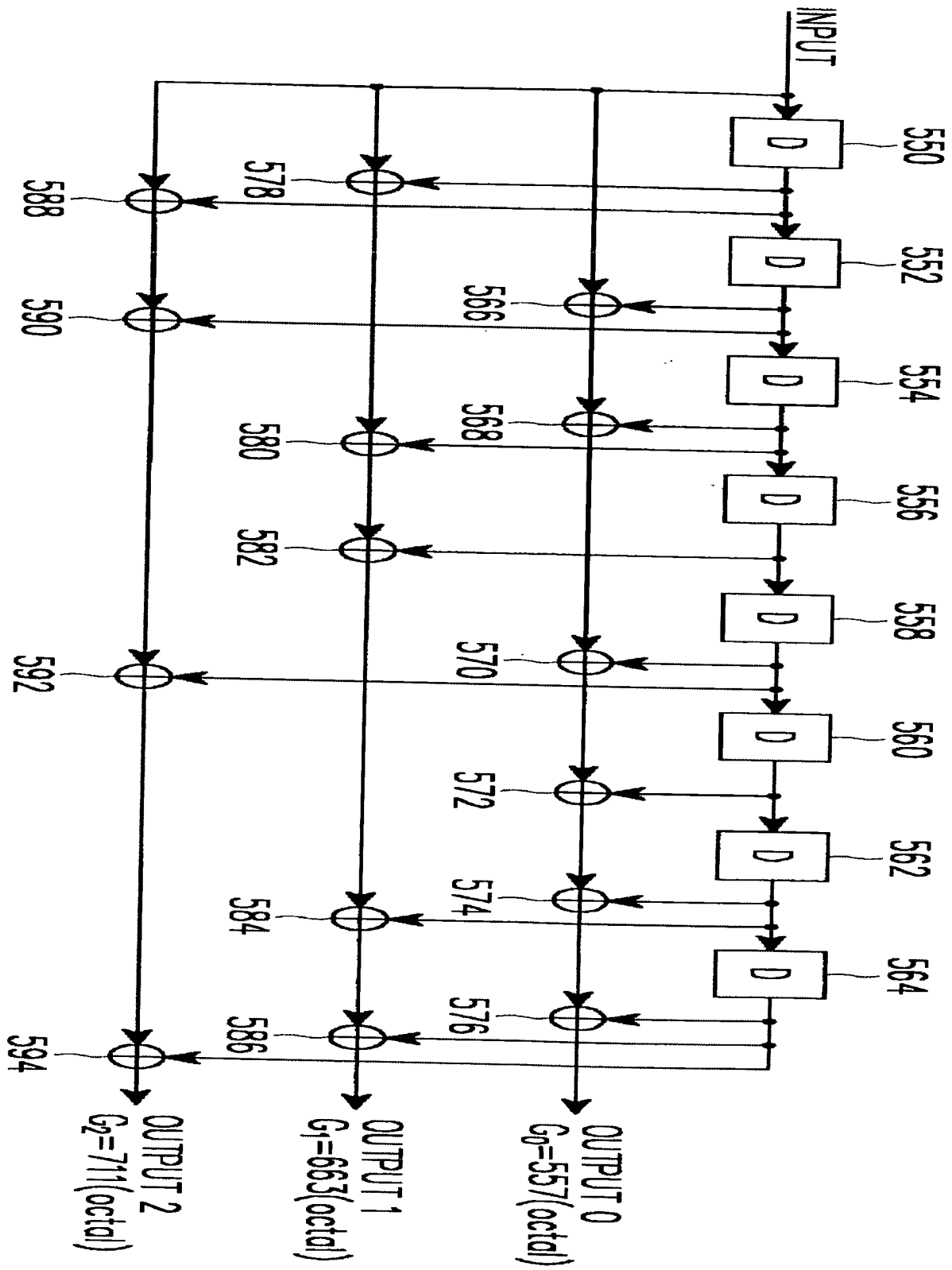
도면 4



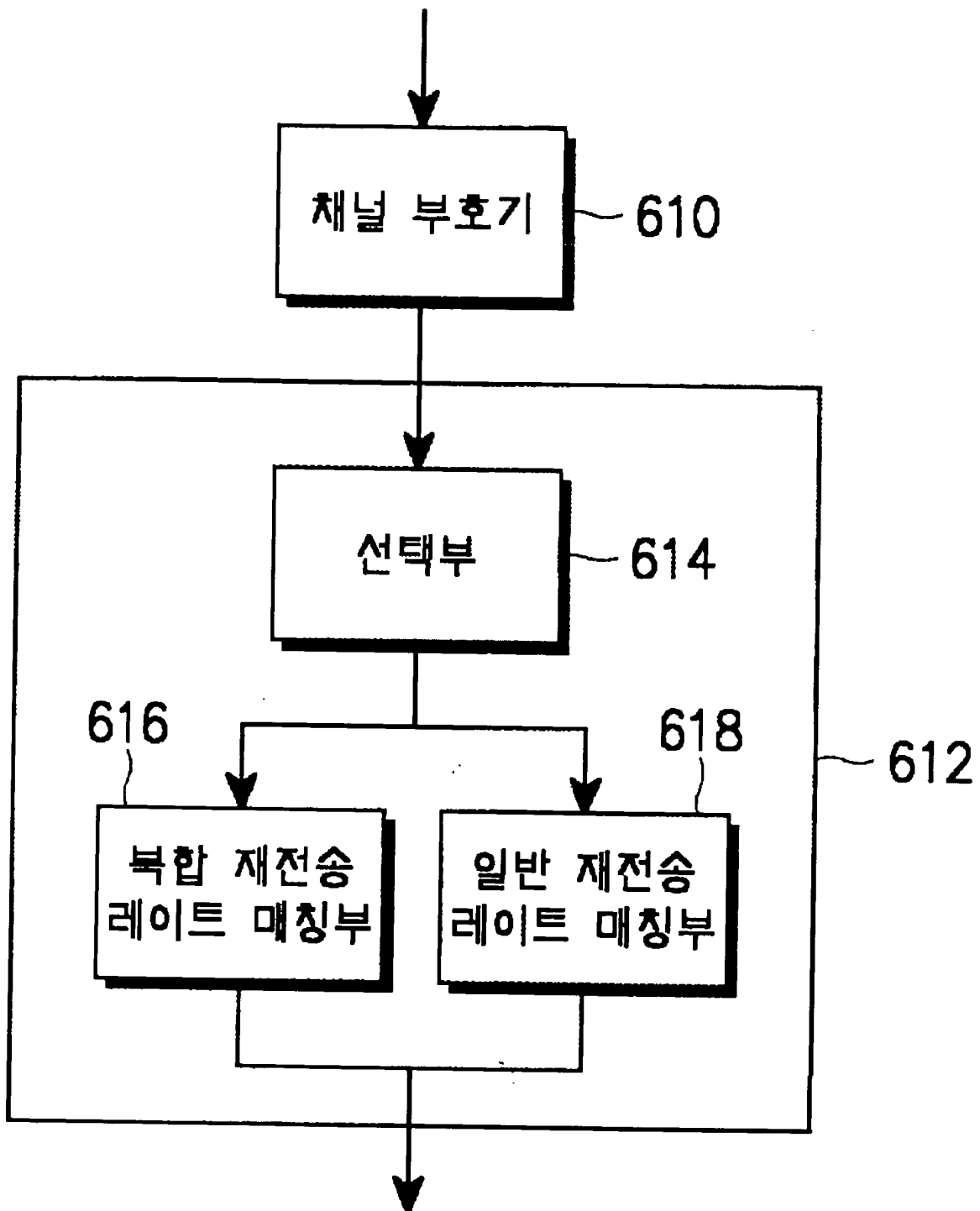
도면 5a



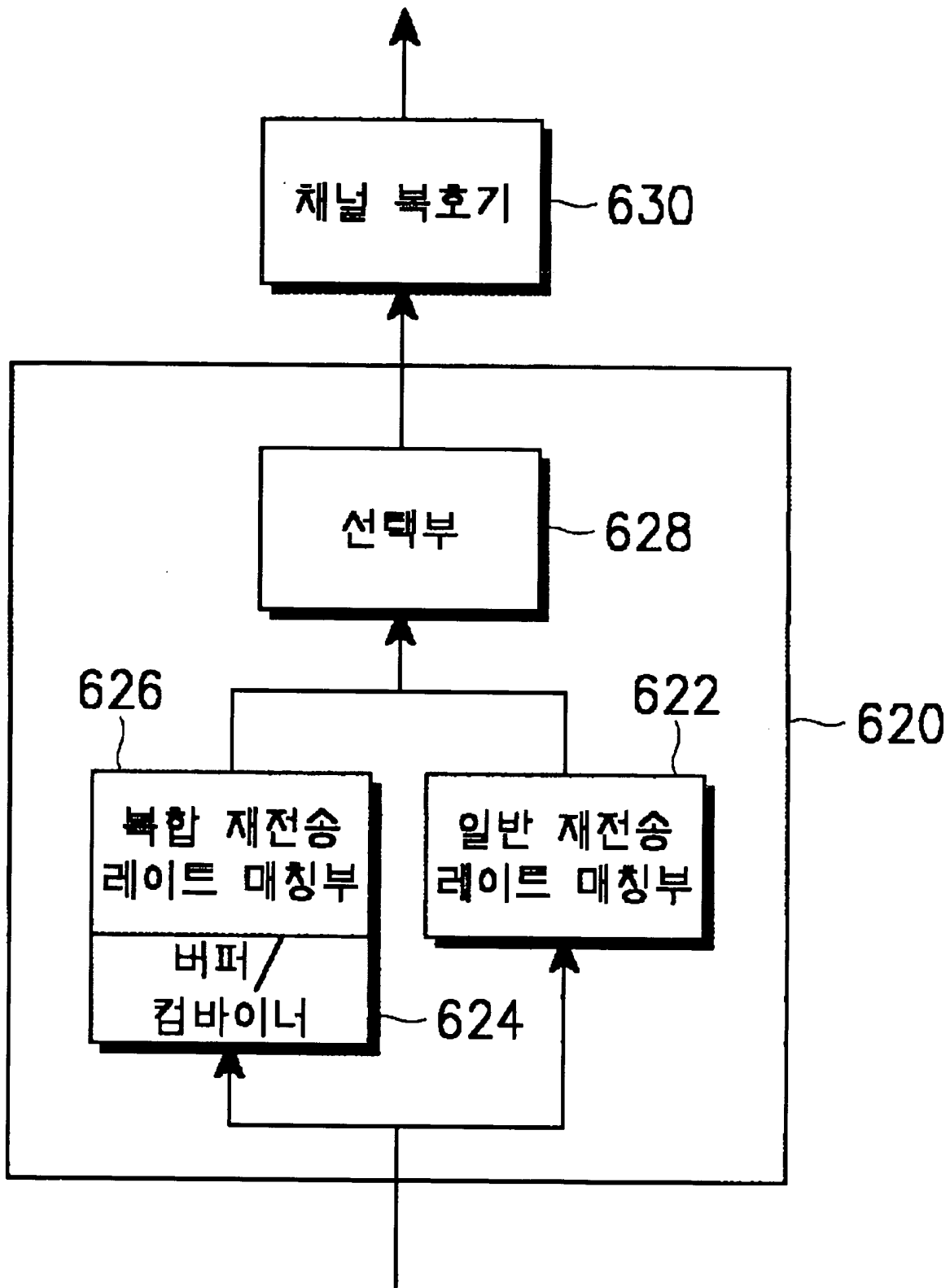
도면 5b



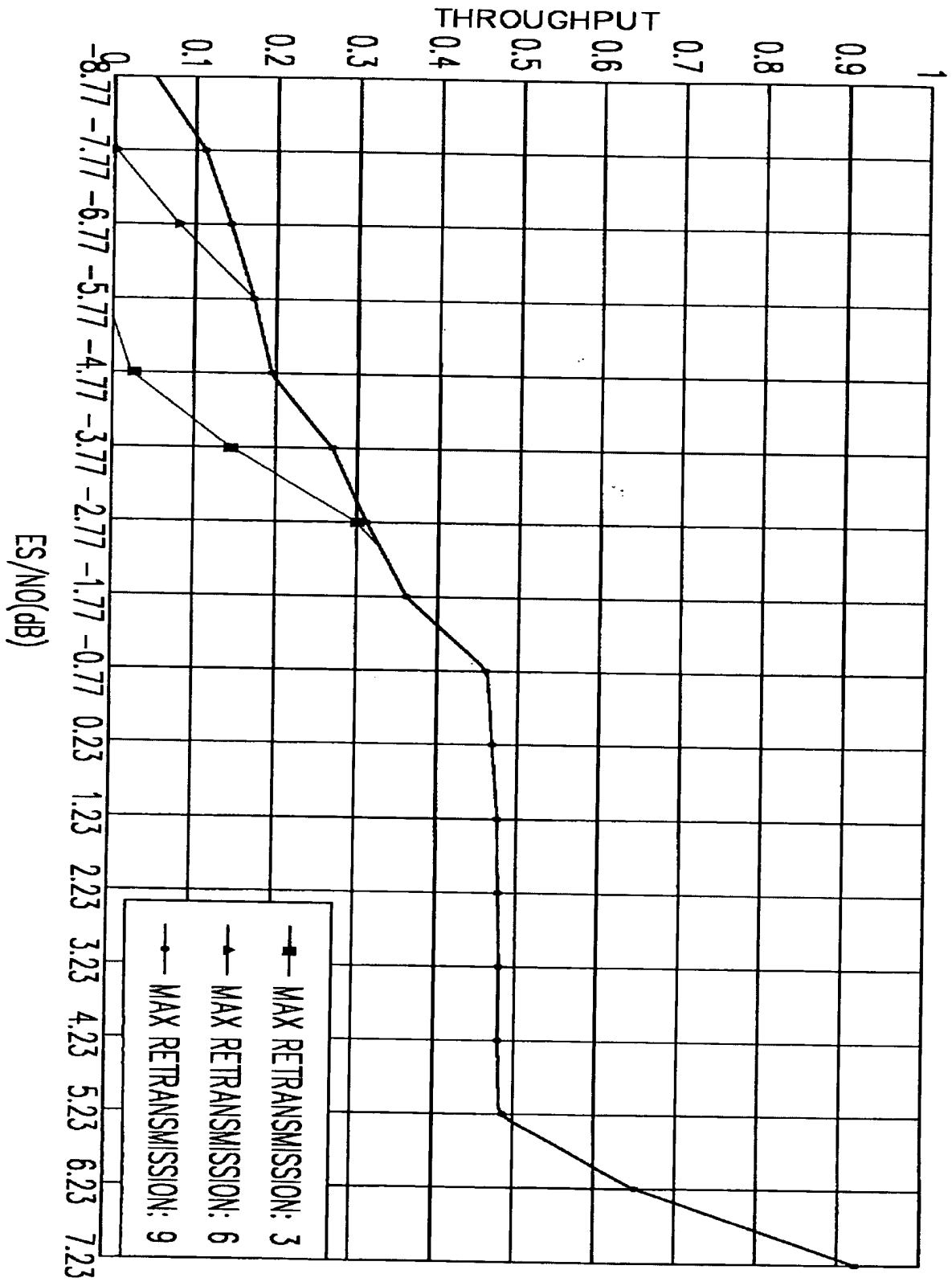
도면 6a



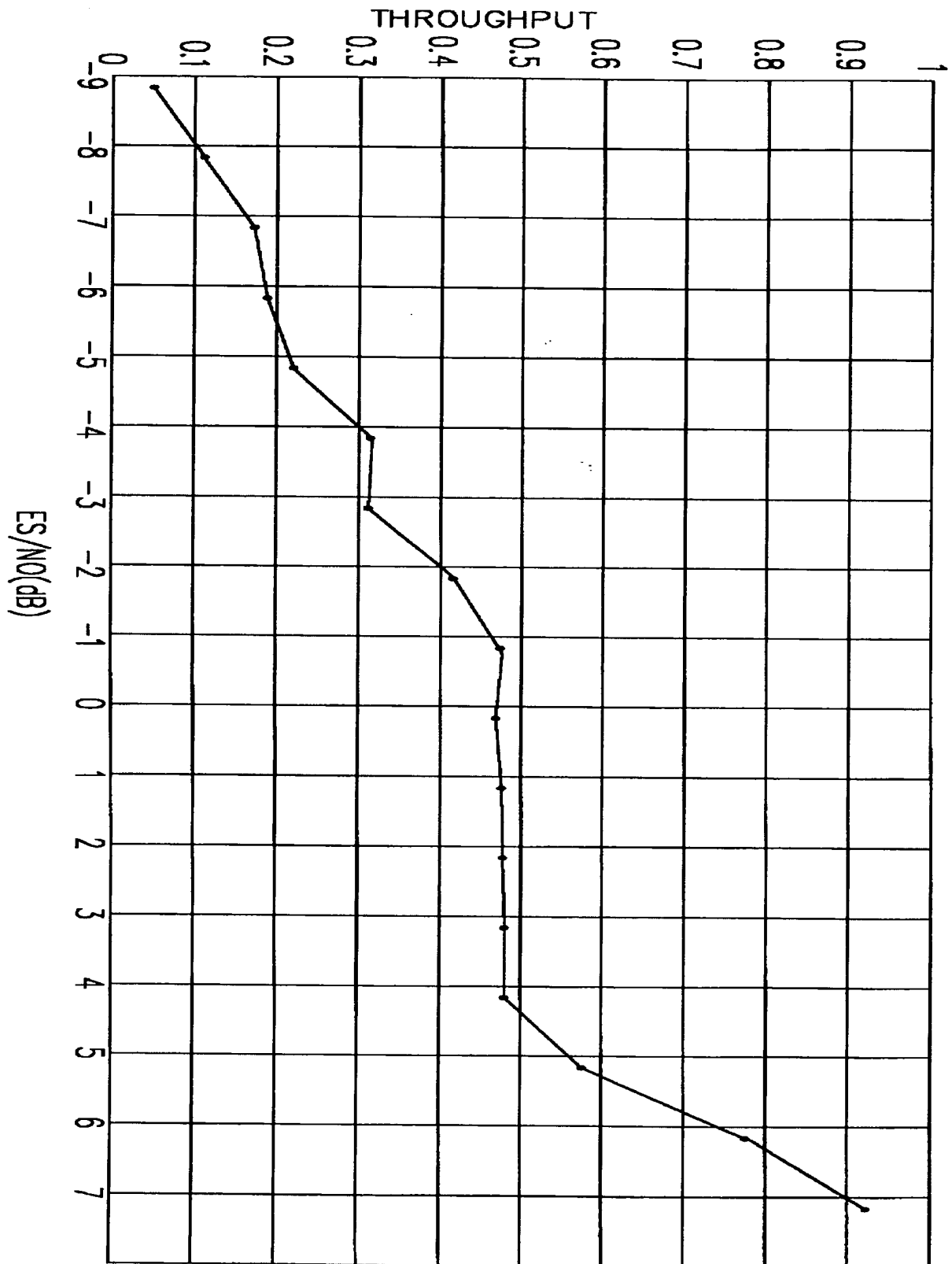
도면 6b



도면 7



도면 8



도면 9

